

现代医学实用技术系列

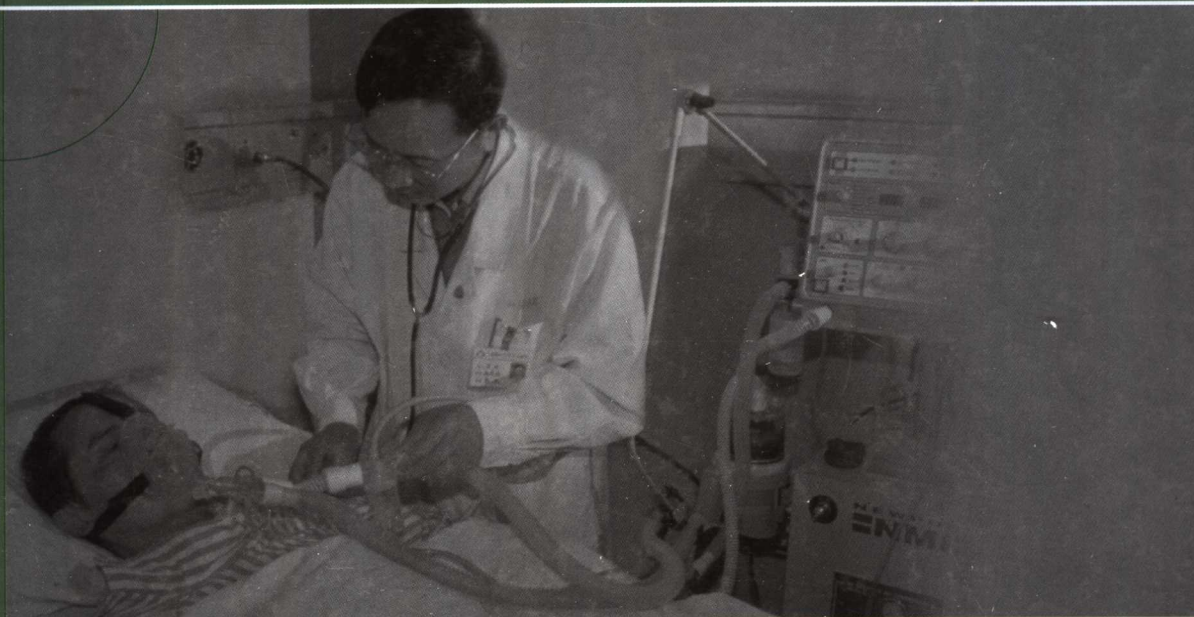
XIANDAI YIXUE

SHIYONG JISHU

XILIE

# 机械通气

(第二版)



J I X I E T O N G Q I

● 主 编 朱 蕾 钮善福

上海科学技术出版社

现代医学实用技术系列

# 机 械 通 气

(第二版)

主编 朱 蕾 钮善福

上海科学技术出版社

图书在版编目 ( C I P ) 数据

机械通气 / 朱蕾, 钮善福主编. — 2版. — 上海: 上海科学技术出版社, 2007. 2

(现代医学实用技术系列)

ISBN 978-7-5323-8738-0

I. 机… II. ①朱…②钮… III. 呼吸器—基本知识  
IV. R459.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2006) 第 141244 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

上海市印刷十厂有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 28 插页 5

字数 617 000

2001 年 5 月第 1 版

2007 年 2 月第 2 版 2007 年 2 月第 2 次印刷

定价 75.00 元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向工厂联系调换



图1 常用通气面罩  
 从左至右分别为橡胶面罩、塑料面罩、塑料面罩、  
 加特制双面黏胶布海绵面罩



图2 新型硅胶面罩型通气面罩  
 (a) 自然状态



(b) 患者用新型硅胶面膜型通气面罩进行机械通气

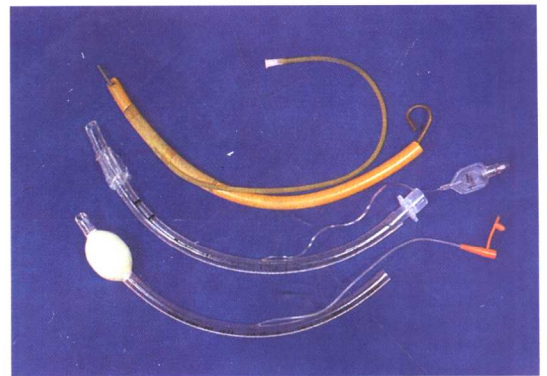
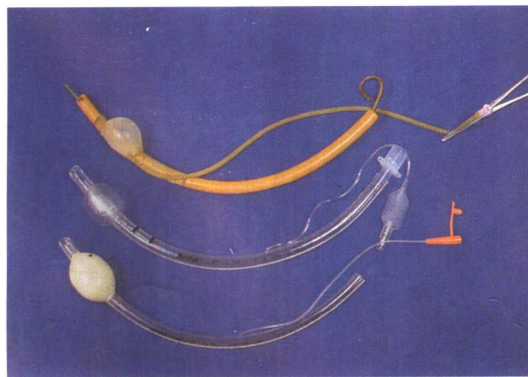
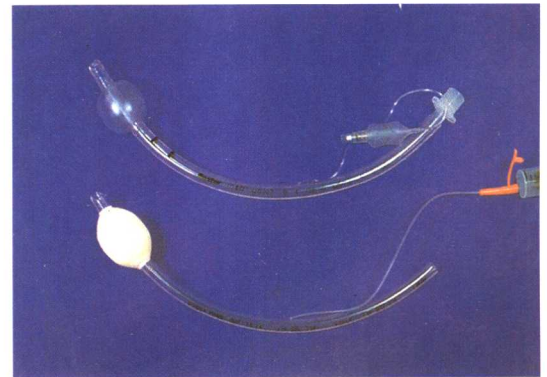


图3 常用气管插管导管  
 (a) 自然状态



(b) 气囊充气量为10ml时的状态

上部为高压低容气囊橡胶导管，气囊充气后呈半球状，张力较大。中间为高容低压气囊塑料导管，气囊充气后呈柱状。下部为高容无压气囊塑料导管，气囊自动充气后呈柱状，张力接近于零



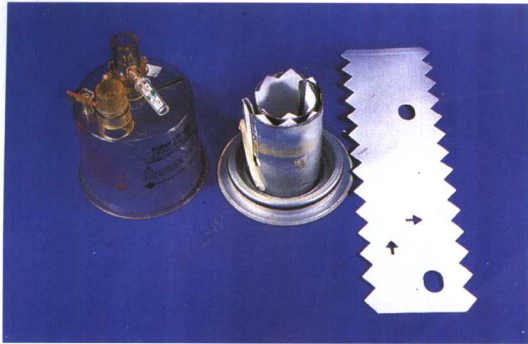
(c) 气囊充气量为20ml时的状态，气囊呈球状，张力非常大



图4 常用气管切开导管



图5 并联式湿化器  
(a) 左为单纯并联式, 右为改良式



(b) 改良式内部结构



图6 不同漏气接头



图7 ARDS 的肺部形态学变化  
(a) 上肺区



(b) 中肺区



(c) 下肺区

## 内 容 提 要

本书介绍了机械通气的基础知识,呼吸机的基本结构、模式、监测、报警和现代呼吸机的特点等内容,重点介绍机械通气的生理学效应,人工气道机械通气和无创性机械通气的特点和临床应用,机械通气的策略、指征、撤机技术以及通气过程中相关问题的判断和处理,机械通气在不同疾病的应用技术。非常规机械通气方式以及机械通气在儿科和围手术期的应用特点,机械通气患者的管理和营养在本书也有较详细的论述。

本书编写人员皆为临床第一线工作人员,并有从事相关科研工作的经历,具有丰富的临床经验和理论基础;内容主要是临床实践和科学实验的总结,从根本上阐述机械通气,使学习者不仅会用,而且明白使用原理,强调应用技术和应用艺术的结合,以及机械通气的生命支持作用和治疗作用的结合,从呼吸生理学和物理学的基础上阐述近年来机械通气的进展和今后的发展方向;紧密结合临床,解释和解决临床问题;绝大部分插图均为临床和科研总结,准确性高。

主 编 朱 蕾 钮善福

编写者(按汉语拼音顺序排列)

白春学	复旦大学附属中山医院
蔡映云	复旦大学附属中山医院
樊 嘉	复旦大学附属中山医院
金美玲	复旦大学附属中山医院
何礼贤	复旦大学附属中山医院
侯静静	复旦大学附属中山医院
胡莉娟	复旦大学附属中山医院
李善群	复旦大学附属中山医院
李燕芹	上海交通大学附属仁济医院
连宁方	福建医科大学附属第一医院
陆铸今	复旦大学儿科医院
钮善福	复旦大学附属中山医院
沈勤军	复旦大学附属中山医院
盛 华	复旦大学附属华东医院
王燕英	复旦大学附属中山医院
徐云洁	复旦大学附属中山医院
颜美琼	复旦大学附属中山医院
张黎英	上海交通大学附属第九人民医院
郑 峥	复旦大学附属中山医院
朱 蕾	复旦大学附属中山医院
诸杜明	复旦大学附属中山医院

## 第二版序

《机械通气》自 2001 年问世以来,呼吸系统疾病的诊治又取得了不少进展,机械通气的使用指征也有所扩大,遍及临床各科。尽管在某些方面还存在着一定的争议,一些实质性进展多有扎实的实践经验及符合循证医学要求的观点作为基础。为此,将该书再版,内容予以充实更新,实有必要,也将能更好地指导临床,造福患者。

在第二版中,作者们保持了原有格式,但增添了一些章节,并对编写人员做了适当调整和增加。

对作者们的辛勤努力,深表敬意。同时,希望对一些尚有争议的问题能促进深入的研究,并在不断实践中逐渐取得共识,为医学的发展做出贡献。

复旦大学附属中山医院外科 吴肇光

2006 年 7 月 26 日于上海



## 第一版序

在刚刚过去的半个世纪中,临床医学对呼吸衰竭认识的提高和高科技的结合使呼吸衰竭的诊断治疗水平有了长足的进展,尤其是适宜的机械通气使许多危重病患者的生命得以挽救存活。这些都是大众瞩目的医学进展。面对即将来临的新世纪,回顾过去的成绩,提出存在的问题,努力将呼吸病学中这一课题推向新的阶段将是我们从事呼吸系病专业工作者无法推托的责任。

复旦大学附属中山医院朱蕾、钮善福教授及时撰写成功《机械通气》一书,把他们丰富的临床经验,在扎实的理论基础上加以归纳提高,因此这本书适应了广大医务工作者迫切希望获得呼吸衰竭机械通气新知识的需要,同时也为今后进一步提高这一领域的水平打下良好基础。

我本人有幸先睹此书,读后感到收益颇著,此书具有知识性、实用性的特点,因为它用了5章多的篇幅介绍呼吸衰竭相关的基础理论,而以其余章节详尽地介绍了呼吸衰竭机械通气治疗的各个侧面以及不同疾病应用机械通气的特点,内容翔实全面。更为突出的特点是实用性,诸如通气机的结构特性、装置连接、不同通气模式、应用中常见问题和处理,等等,均是可借鉴应用的临床经验。另一值得推荐的方面是他们介绍了近年来十分被重视的通气策略的调整、保护性通气和自主性通气的重要性,以及如何避免机械通气的负面作用等问题,此外他们也注意到各种非常规通气技术和手段以及它们已经和可能发挥的作用。由之,也可以反映出在呼吸衰竭的治疗上还有许多值得研究和提高的重要课题。

读后深感作者们在极繁忙的临床医疗工作的压力之下,完成如此沉重的撰写任务,付出了十分辛勤的劳动,特此向他们表示深深的敬意和由衷的感谢。得一本好书是不容易的。希望在呼吸病学的专业领域中,好书能层出不穷,则是我们大家的幸事。

北京协和医院呼吸科 朱元珩

2000年11月

## 第二版前言

《机械通气》出版已经5年了,获得了较好的反响,也收到了许多宝贵意见,为此我们决定再版该书。

总体上近几年机械通气的理论和技术进展相对有限,主要处于完善和成熟阶段,相应也出现一些新的问题。从呼吸机方面讲,电子部件更多地取代机械部件;微电脑控制更为广泛,自动化程度进一步提高,但部分呼吸机的稳定性有所下降,特别是电脑软件的问题表现更突出,呼吸机运转过程中突然停机的情况时有发生;新型通气模式的调节也更趋复杂,要求临床医生及相关人员更加重视基本模式的特点以及基本模式和新型模式之间的关系。从通气策略和技术讲,强调保护性通气已成为主流,比如所谓“小潮气量和允许性高碳酸血症”治疗急性呼吸窘迫综合征的有效性已在多中心、前瞻性的研究中获得肯定,但其中的问题也引起更多的争议,随之而来的是与此相“对立”的采用高压、大潮气量的“肺开放通气”治疗急性呼吸窘迫综合征的情况也逐渐增多;对机械通气“正性肌力作用”的认识也逐渐一致,机械通气在心源性肺水肿的应用经验也更加成熟,应用范围逐渐扩大,包括急性心肌梗死、心外科手术及某些低血压患者。

第二版基本采用第一版的编写内容和方法,但更强调基本理论和基本知识的掌握,某些方面的文字内容有所删减,图片量有所增加;相关应用技术的内容也有所增加。机械通气不仅应强调应用技术,还应考虑应用艺术;不仅考虑机械通气的生命支持作用,还要考虑其治疗不同疾病的作用,使其更符合呼吸生理的要求,第二版对这些方面皆作了进一步的阐述。机械通气患者多为危重病患者,且外科患者增加的趋势更明显,故又增加了围手术期的呼吸管理、呼吸道和肺泡的引流等内容,这样再版的内容涉及机械通气及管理、某些特殊问题、相关感染的诊治、营养支持等方面。与机械通气有关的基本知识及其他辅助机械通气技术,如液体通气、体外膜肺、表面活性物质吸入疗法基本维持原状。我们再版该书希望能更好地为临床服务。

由于笔者水平有限,不足及错误之处难免,望同道指正。

复旦大学附属中山医院 朱 蕾 钮善福

2006年7月于上海

## 第一版前言

20世纪50年代后期,上海中山医院肺科在吴绍青教授、李华德教授等前辈带领下建立了呼吸监护室,并将机械通气应用于临床。1979年出版的《机械呼吸器的临床应用》一书,对推动机械通气的应用发挥了很大的作用。

近10年来,机械通气的理论和技术发生了巨大变化,呼吸机的性能不断提高,功能日趋增多,机械通气的策略也进一步调整,如强调保护性通气和自主性通气,其他辅助机械通气技术,如液体通气、体外膜肺、表面活性物质吸入疗法也逐渐成熟。机械通气及相关技术作为通气功能的替代手段和积极的治疗措施越来越广泛地应用于各种呼吸衰竭,包括心功能不全的治疗,手术前后的预防和呼吸支持,慢性呼吸功能不全的康复。我们出版此书希望能更好地满足广大医务人员对现代机械通气知识的需求。

基础物理学、机械工程的基本原理和呼吸生理学是掌握和应用呼吸机及机械通气的基础,本书力求在讲清道理的基础上结合临床实践对机械通气的有关方面进行阐述,希望对读者有所启迪和帮助。

由于机械通气技术的发展非常迅速,加上笔者水平有限,时间仓促,不足及错误之处难免,望同道指正。

复旦大学附属中山医院 朱 蕾 钮善福

2000年11月于上海

# 目 录

第一章 与机械通气有关的呼吸系统解剖	1
第一节 呼吸道结构特点与功能	1
第二节 肺与肺泡	5
第二章 呼吸生理	7
第一节 肺的容积划分及通气功能	7
第二节 肺通气的动力和阻力	9
第三节 肺的血液循环	18
第四节 气体在肺内的交换	21
第五节 呼吸的调节	24
第三章 动脉血气分析	26
第四章 呼吸衰竭	31
第五章 与机械通气有关的酸碱、电解质紊乱	38
第一节 酸碱与酸碱紊乱	38
第二节 机械通气相关性酸碱紊乱	47
第三节 机械通气相关性电解质紊乱	49
第六章 氧气疗法	51
第七章 机械通气的基础理论	62
第一节 呼吸机的基本结构	62
第二节 机械通气的基本特性	66
第三节 完成机械通气的基本要求	69
第四节 机械通气方式	70
第五节 机械通气的参数	76
第六节 机械通气对气体交换功能的影响	78
第七节 机械通气相关肺损伤	81
第八节 机械通气对循环功能的影响	86
第九节 机械通气对其他呼吸功能的影响	91
第十节 机械通气对胸腔外脏器功能的影响	92
第十一节 呼吸机相关肺炎	92
第十二节 呼吸机的监测功能	100
第十三节 机械通气的报警	102

第十四节	机械通气装置对呼吸功的影响	102
第十五节	呼吸机的临床分类	104
第八章	机械通气的连接	105
第一节	经面(鼻)罩机械通气的基本知识	105
第二节	经面(鼻)罩机械通气的临床应用	110
第三节	用 BiPAP 呼吸机无创通气时的操作要点	115
第四节	机械通气时人工气道的建立和管理	116
第五节	人工气道机械通气临床应用	122
第九章	常用机械通气模式	123
第一节	辅助/控制通气	123
第二节	间歇指令通气	129
第三节	压力支持通气	133
第四节	压力辅助/控制通气	138
第五节	气道压力释放通气	142
第六节	反比通气	144
第七节	指令分钟通气	147
第十章	呼吸机功能的完善	149
第一节	吸气触发与呼吸机同步	149
第二节	持续气流送气、按需阀和伺服阀送气	152
第三节	持续气流	153
第四节	流量触发	154
第五节	双水平气道正压	154
第六节	成比例通气的理论与技术	159
第七节	呼吸末气道正压及内源性呼气末正压	164
第八节	通气模式功能的完善	171
第十一章	机械通气的呼吸生理学基础与策略	173
第一节	机械通气与组织供氧	173
第二节	压力-容积曲线与机械通气	174
第三节	流速-容积曲线与呼吸形式的调节	177
第四节	允许性高碳酸血症	177
第五节	自主性肺通气	184
第十二章	机械通气的应用技术	192
第一节	机械通气的适应证	192
第二节	机械通气的禁忌证	195
第三节	呼吸机的选择	196

第四节	通气模式的选择原则	198
第五节	通气参数的调节原则	199
第六节	初始机械通气	201
第七节	自主呼吸与机械通气的协调	202
第八节	机械通气的撤离	212
第九节	机械通气过程中各个环节的常见问题及处理	212
第十三章	机械通气的撤离技术	216
第一节	影响机械通气撤机的因素	216
第二节	机械通气的撤离	220
第三节	拔管及拔管后的并发症	231
第十四章	机械通气的监测	233
第一节	危重患者呼吸监测的基本内容	234
第二节	一般情况的监测和循环功能的监测	236
第三节	呼吸形式的监测	238
第四节	血气分析的监测	238
第五节	其他呼吸功能的监测	245
第六节	机械通气时呼吸波形的监测	248
第十五章	机械通气患者的营养支持	251
第一节	呼吸与营养	251
第二节	营养不良与机械通气患者	251
第三节	营养状态评价	252
第四节	主要营养物质对机械通气患者的影响	253
第五节	营养支持的总原则	255
第六节	撤离机械通气时患者的营养问题	260
第十六章	机械通气患者的护理	261
第一节	病情观察	261
第二节	机械通气患者的一般护理	262
第三节	经面罩机械通气的护理	263
第四节	气管插管机械通气的护理	265
第五节	气管切开机械通气患者的护理	266
第六节	呼吸道湿化和吸痰的护理	267
第七节	机械通气治疗时的护理	268
第八节	撤离呼吸机的护理	269
第十七章	体外负压通气	271
第十八章	非常规机械通气及相关技术	276

第一节	高频通气	276
第二节	气管内吹气	282
第三节	肺表面活性物质及临床应用	285
第四节	一氧化氮吸入疗法	291
第五节	液体通气	296
第六节	氮-氧混合气辅助机械通气	300
第七节	体外氧合疗法	301
第八节	体位疗法	304
第十九章	呼吸重症监护室的管理	309
第二十章	呼吸机消毒、保养与维护	315
第一节	呼吸机的消毒	315
第二节	呼吸机的保养与维护	317
第二十一章	神经-肌肉疾病的机械通气治疗	320
第一节	中枢神经疾病	320
第二节	周围神经疾病或肌肉疾病	322
第二十二章	慢性阻塞性肺疾病呼吸衰竭患者的机械通气治疗	324
第一节	慢性阻塞性肺疾病的一般治疗	324
第二节	慢性阻塞性肺疾病患者的机械通气治疗	327
第三节	慢性阻塞性肺疾病患者的营养治疗	336
第四节	慢性阻塞性肺疾病患者机械通气中需特别注意的几个问题	337
第五节	经面(鼻)罩机械通气和“序贯”机械通气	339
第二十三章	危重支气管哮喘患者的机械通气治疗	342
第一节	危重支气管哮喘患者机械通气的选择	342
第二节	肺过度充气的判断与处理	344
第三节	危重哮喘患者机械通气的基本要求	346
第四节	经面罩机械通气的应用	348
第五节	其他治疗手段和措施	349
第六节	机械通气治疗哮喘的典型病例	350
第二十四章	急性呼吸窘迫综合征的机械通气治疗	353
第一节	急性呼吸窘迫综合征的病因及病理改变	353
第二节	机械通气治疗的基本原则	354
第三节	急性呼吸窘迫综合征的呼吸生理学特点	355
第四节	机械通气的临床应用	356
第五节	急性呼吸窘迫综合征的其他治疗手段	359
第二十五章	心源性肺水肿的机械通气治疗	363

第一节 心源性肺水肿的病理生理和基本特点	363
第二节 机械通气的治疗作用	365
第三节 机械通气相关性肺水肿	368
第四节 机械通气在慢性左心功能不全的应用	369
第二十六章 单肺患者的机械通气治疗	371
第二十七章 围手术期的呼吸管理	374
第一节 围手术期的呼吸生理变化	374
第二节 手术后常见的肺部并发症及处理	375
第三节 引起肺功能降低的胸部疾病	380
第四节 与手术有关的主要肺功能指标	381
第五节 其他影响围手术期肺部并发症的因素	382
第二十八章 儿科中的呼吸支持方法及临床应用	384
第一节 小儿气管插管	384
第二节 儿科机械通气的应用	387
第三节 小儿呼吸衰竭治疗的一些新方法	394
第二十九章 镇静药、镇痛药和肌松药在监护室中的使用	397
第一节 常用镇静药、镇痛药和肌松药的药理	397
第二节 镇静药、镇痛药和肌松药在监护室中的使用	400
第三十章 重症监护室患者气道和肺泡的引流	403
参考文献	407
附录 汉英对照机械通气常用术语	421
索引	430



# 第一章 与机械通气有关的呼吸系统解剖

呼吸系统的主要功能进行气体交换,也有重要的防御功能。另外,鼻腔的嗅黏膜是嗅觉感受器,喉是发声器官,肺还有产生表面活性物质,分泌、激活和灭活多种生物活性物质等功能。本文主要讨论与机械通气有关的呼吸器官的解剖。

## 第一节 呼吸道结构特点与功能

呼吸系统包括鼻、咽喉、气管、支气管和肺等器官。通常称喉以上的部分为上呼吸道,喉以下的部分为下呼吸道。从气管到肺内的肺泡是一连续而反复分支的管道,只有肺泡能完成吸入空气与血液之间氧气和二氧化碳的交换功能,即呼吸功能。自呼吸性细支气管开始出现肺泡,并逐渐分支出肺泡管、肺泡囊、肺泡,肺泡的数量迅速增加,称为呼吸部。自鼻至肺内的终末细支气管无肺泡结构,称为导气部。

### 一、上呼吸道

上呼吸道(upper airway)由鼻、咽、喉组成,是气体进入肺内的门户。主要功能除传导气体外,尚有加温、湿化、净化空气,吞咽,嗅觉及发声等功能。

#### (一) 鼻

鼻(nose)是呼吸系统的大门,由外鼻、鼻腔、鼻窦等组成。

1. 外鼻 是面部的组成部分,与机械通气关系不大,不赘述。

2. 鼻腔 是呼吸系统的重要器官,分鼻前庭和固有鼻腔两部分。鼻前庭为前鼻孔与固有鼻腔之间的空腔。鼻前庭表面覆有皮肤与皮下组织,并和软骨紧密连接。鼻前庭内膜上有粗短的鼻毛和皮脂腺,两者对尘埃和异物有一定的防御作用,是保持呼吸道和人体健康的重要条件。固有鼻腔也简称为鼻腔,鼻腔的容积只有 20 ml(成人),鼻腔内有三个突出的鼻甲,以位置的高低分别称为上鼻甲、中鼻甲和下鼻甲,三个鼻甲上曲折的黏膜使鼻腔的表面积明显增加,约为 160 cm<sup>2</sup>,可以保障吸入气与鼻黏膜的充分接触;鼻腔黏膜以下、中鼻甲游离缘、前后端及接近鼻中隔处黏膜最厚,并具有丰富的静脉丛构成的海绵状组织,易于扩张和收缩,是调节吸入气体温度和湿度的重要因素。这些解剖学结构的特点均为鼻腔完成对吸入气体的加温和湿化创造了有利的条件。吸入的冷空气经过上呼吸道后,温度可接近体温,抵达咽部的气体,相对湿度可达 80%。多数现代呼吸机也参考这一特点设置多层折叠的加温、湿化装置,增加吸入气与湿化液的接触面积,保障湿化和温化的效果。中鼻甲下缘以下部分黏膜为假复层柱状纤毛上皮,纤毛的运动主要由前向后朝鼻咽部运动,黏膜中含有丰富的黏液腺、浆液腺、混合型腺体和杯形细胞,能产生大量分泌物,使黏膜表面覆以一层黏液毯,随纤毛不断移动。与鼻腔内的鼻毛共同阻止异物及尘埃等吸入。另外,鼻腔内狭窄而凹凸不平的结构特点也使气体进入鼻腔后形成湍流,能增加异物或尘埃在鼻腔内沉落的机会,有助于截留吸入气体内的异物,进一步增强了鼻腔对气体净化的作用。直径在 15 μm