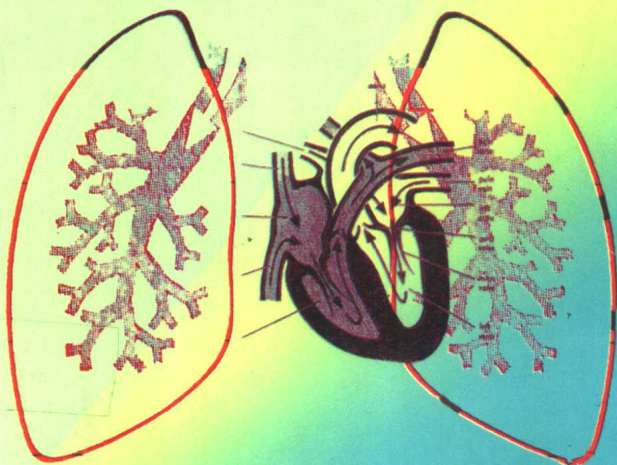


LINCHUANG HUXIJI YINGYONG SHOUCE

# 临床呼吸机 应用手册

● 吴尚洁 陈平 主编  
周淮英 主审



3.6-62



湖南科学技术出版社  
Hunan Science & Technology Press

LINCHUANG HUXIJI YINGYONG SHOUCHE/

# 临床呼吸机

## 应用手册

主编：吴尚洁 陈平  
编者：吕友堤 向旭东 陈 燕  
罗 红 周 锐 欧阳若芸  
诸兰艳 黄信刚 黄灿成  
彭再梅 蔡 珊 蔡 颖  
瞿云中  
主审：周淮英



湖南科学技术出版社  
Hunan Science & Technology Press

## 临床呼吸机应用手册

主 编：吴尚洁 陈 平

主 审：周准英

策划编辑：邹海心

文字编辑：胡捷晖

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：长沙市湘雅路 280 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系：本社直销科 0731-4375808

印 刷：长沙县新华彩印厂

(印装质量问题直接与本厂联系)

厂 址：长沙县北山镇

邮 编：410152

出版日期：2003 年 6 月第 1 版第 1 次

开 本：787mm×1092mm 1/32

印 张：4.375

字 数：100000

书 号：ISBN 7-5357-3712-9/R .833

定 价：9.00 元

(版权所有·翻印必究)

# 前 言

自 20 世纪 70 年代以来，国内先后出版了多本有关临床机械通气方面的专著，对临床机械通气的开展起了极大的推动作用。随着机械通气治疗的普及，广大临床医师迫切希望有一本能够随身携带、方便实用的指导临床机械通气实践的手册。《临床呼吸机应用手册》就是在此背景下诞生的。

本手册以常规临床机械通气治疗为纲，简明扼要地叙述了机械通气原理、病人临床评估、临床适应证、临床监测手段、临床实际操作过程、常见并发症、机械故障及其防治、机械通气的辅助治疗，并介绍了临床常见危重病机械通气治疗经验。本书多以表格的形式来表达所要介绍的内容，减少了文字叙述的繁琐，让读者一目了然。同时，以临床思维为纲，便于临床医师在机械通气治疗中随时就相应章节进行查找，以帮助和指导他们的工作。

作者们在编写每章节时，查阅了大量的国内外文献，并融合了自己的经验。但是，由于水平所限，书中难免有谬误之处，希望读者不吝指教。

编 者

2003 年 3 月于长沙

# 目 录

§ 1 机械通气相关的心肺生理基础 .....	(1)
§ 1.1 肺血管动力学基础 .....	(1)
§ 1.1.1 肺血管动力学参数 .....	(1)
§ 1.1.2 血流动力学参数 .....	(2)
§ 1.1.3 心肺系统的氧运输功能 .....	(3)
§ 1.1.4 心肺压力动力学 .....	(4)
§ 1.1.4.1 各压力正常参考值 .....	(4)
§ 1.1.4.2 引起心肺压力变化的常见疾病 .....	(5)
§ 1.1.5 各种疾病的血流动力学表现规律 .....	(5)
§ 1.2 肺通气动力学基础 .....	(7)
§ 1.2.1 肺通气的机械动力 .....	(7)
§ 1.2.2 各种气压的定义 .....	(7)
§ 1.2.3 肺顺应性 .....	(8)
§ 1.2.4 气道阻力( $R_{aw}$ ) .....	(8)
§ 1.2.5 通气分布 .....	(9)
§ 1.2.6 血流灌注 .....	(9)
§ 1.2.7 通气/血流比值( $\dot{V}/\dot{Q}$ ) .....	(10)
§ 2 机械通气相关的病人临床评价 .....	(11)
§ 2.1 临床呼吸评估 .....	(11)
§ 2.1.1 望诊 .....	(11)
§ 2.1.2 触诊 .....	(14)
§ 2.1.3 叩诊 .....	(14)

§ 2.1.4	听诊	(15)
§ 2.1.5	呼吸系统检查中常见肺部疾病的鉴别诊断	(15)
§ 2.1.6	常见呼吸系统症状评价	(18)
§ 2.2	临床生理指标评估	(19)
§ 2.2.1	氧合的评估	(19)
§ 2.2.1.1	肺的氧合(外呼吸)	(19)
§ 2.2.1.2	组织氧合(内呼吸)	(19)
§ 2.2.2	血气分析	(20)
§ 2.2.2.1	正常血气参数	(20)
§ 2.2.2.2	低氧血症的主要因素及影响	(20)
§ 2.2.2.3	酸碱紊乱及参数变化	(22)
§ 2.2.2.4	pH/PaCO <sub>2</sub> 的关系	(23)
§ 2.2.2.5	酸碱紊乱的常见病因	(23)
§ 2.2.2.6	酸碱紊乱的生理及临床表现	(27)
§ 2.2.3	异常 X 线表现和病因	(28)
§ 2.2.4	肺功能评估	(29)
§ 2.2.4.1	肺功能正常值	(29)
§ 2.2.4.2	不同疾病的肺功能异常表现	(31)
§ 2.2.4.3	肺通气检查	(32)
§ 2.2.4.4	肺通气障碍的严重程度分级	(35)
§ 2.2.4.5	峰流速(PEFR)正常预计值	(35)
§ 2.2.4.6	肺顺应性检测	(37)
§ 2.2.4.7	气体分布检测	(37)
§ 2.2.4.8	肺血流分布检测	(39)
§ 2.2.4.9	肺的弥散功能检测	(40)
§ 2.2.4.10	弥散障碍严重程度分级	(40)

§ 3	机械通气的基本步骤	(41)
§ 3.1	呼吸机的基本结构	(41)
§ 3.1.1	动力部分和气源	(41)
§ 3.1.2	联接部分	(42)
§ 3.1.3	主机	(43)
§ 3.1.4	主机的辅助结构	(44)
§ 3.2	呼吸机的分类	(45)
§ 3.2.1	按应用的类型分类	(45)
§ 3.2.2	按吸、呼气相的切换方式分类	(45)
§ 3.3	机械通气应用步骤	(46)
§ 3.3.1	人工气道的建立	(46)
§ 3.3.2	机械通气适应证	(49)
§ 3.3.3	决定机械通气的临床生理参数	(49)
§ 3.3.4	机械通气的目的	(50)
§ 3.3.5	机械正压通气的影响	(51)
§ 3.3.6	通气参数和基础应用指南	(53)
§ 3.3.7	容量控制通气基本运行原理	(58)
§ 3.3.8	压力控制通气基本运行原理	(59)
§ 3.3.9	通气模式	(60)
§ 3.3.9.1	概述	(60)
§ 3.3.9.2	常用机械通气模式描述及分类	(62)
§ 3.3.9.3	各种机械通气模式的优缺点	(67)
§ 3.3.10	呼吸机管理	(69)
§ 3.3.10.1	MV 的决定	(69)
§ 3.3.10.2	最初设定	(70)
§ 3.3.10.3	呼吸机支持决策	(70)
§ 3.3.11	通气和氧合管理	(73)

§ 3.3.12	病人及呼吸机检测	( 74 )
§ 3.3.12.1	病人—呼吸机系统检测	( 74 )
§ 3.3.12.2	临床评估/观察一览表	( 75 )
§ 3.3.12.3	变量监测	( 76 )
§ 3.3.13	机械通气并发症	( 76 )
§ 3.3.14	机械通气常见故障及可能原因	( 79 )
§ 3.3.15	脱机	( 81 )
§ 3.3.15.1	脱机指南	( 81 )
§ 3.3.15.2	脱机评估	( 82 )
§ 3.3.15.3	脱机技能	( 85 )
§ 3.3.15.4	脱机步骤	( 86 )
§ 3.3.15.5	临床脱机过程监测	( 87 )
§ 3.3.15.6	拔管	( 88 )
§ 4	机械通气相关的辅助治疗	( 89 )
§ 4.1	雾化治疗	( 89 )
§ 4.2	动脉血气标本	( 90 )
§ 4.3	人工气道建立	( 91 )
§ 4.4	气囊护理	( 93 )
§ 4.5	指导性咳嗽	( 93 )
§ 4.6	气管内吸痰	( 94 )
§ 4.7	湿化治疗	( 95 )
§ 4.8	间歇性正压呼吸治疗	( 96 )
§ 4.9	气道紧急处理	( 97 )
§ 4.10	经鼻支气管吸痰	( 98 )
§ 4.11	氧气疗法	( 99 )
§ 4.12	气管内正压治疗	( 100 )
§ 4.13	支气管纤维镜引导经鼻气管插管	( 101 )



§ 5 常见危重病机械通气方式参考 .....	(103)
§ 5.1 呼吸衰竭 .....	(103)
§ 5.2 危重哮喘 .....	(104)
§ 5.3 肺性脑病 .....	(105)
§ 5.4 慢性肺源性心脏病 .....	(106)
§ 5.5 肺梗死 .....	(107)
§ 5.6 急性呼吸窘迫综合征 .....	(107)
§ 5.7 SARS 急救程序及呼吸机的使用 .....	(109)
附录 A 符号 .....	(117)
附录 B 常用英文缩写 .....	(119)
附录 C 相关计算公式 .....	(124)

## § 1 机械通气相关的心肺生理基础

了解和掌握心肺生理基础，是正确应用呼吸机，完成各种危重病救治的前提和保障。本章就与机械通气相关的心肺生理基础，以表格的方式作一简单的介绍。

### § 1.1 肺血管动力学基础

#### § 1.1.1 肺血管动力学参数

参 数	缩 写	正 常 值
1. 肺血管阻力	PVR	0.25~2.5 u [mmHg/(L·min)]
2. 右室搏功	RVSW	0.1~0.15 J/(m·beat)
3. 右室搏功指数	RVSWI	0.04~0.12 J/(m·beat·m <sup>2</sup> )
4. 每搏输出量	SV	60~120 mL/beat
5. 每搏输出指数	SVI	35~75 mL/(beat·m <sup>2</sup> )
6. 体循环血管阻力	SVR	10~20 u [mmHg/(L·min)]

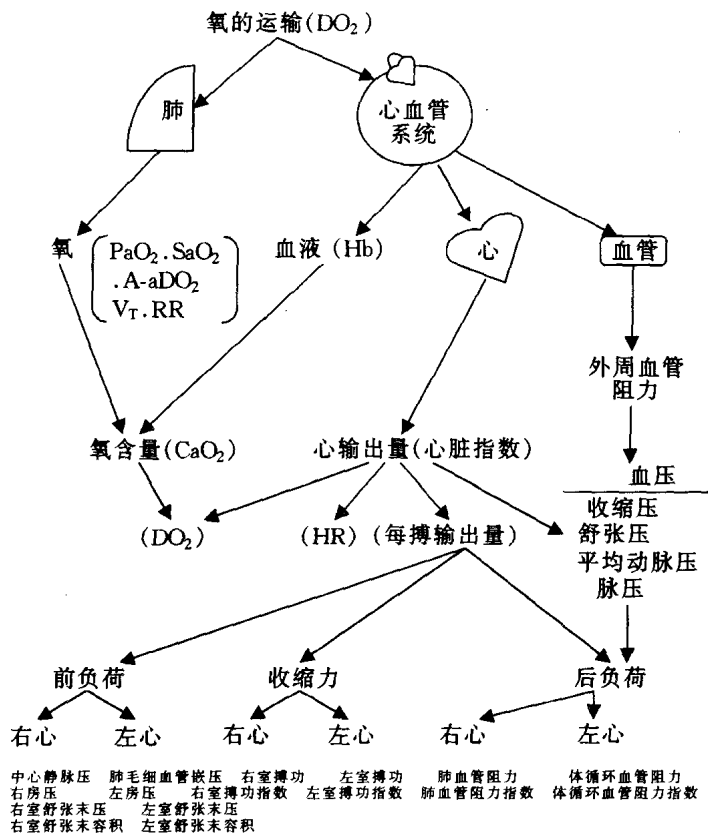
## § 1.1.2 血流动力学参数

测定指标	缩写	正常值
1. 血压(动脉):		
收缩压	Bpsys	100~140 mmHg
平均压	BP 或 MAP	70~105 mmHg
舒张压	Bpdia	60~80 mmHg
脉压	PP	30~40 mmHg
2. 心输出量		
	CO	4~8 L/min
3. 中心静脉压		
	CVP	0~6 mmHg 0~8 cmH <sub>2</sub> O
4. 心率		
	HR	60~100 beat/min
5. 肺动脉压:		
	PAP	
收缩压	PASP 或 Pasys	15~25 mmHg
平均压	PAMP 或 PAP	10~15 mmHg
舒张压	PADP	8~15 mmHg
舒张末压	PAEDP	0~12 mmHg
6. 肺动脉楔压		
	PAWP	4~12 mmHg
7. 右房压		
	RAP	0~6 mmHg
8. 右室舒张末压		
	RVEDP	0~5 mmHg
9. 右室收缩末压		
	RVESP	15~25 mmHg
10. 其他参数:		
心脏指数	CI	2.5~4.4 L/(min·m <sup>2</sup> )
左房压	LAP	4~12 mmHg
左室舒张末压	LVEDP	4~12 mmHg
左室收缩末压	LVESP	100~140 mmHg
左室搏功	LVSW	0.6~0.85 J/(m·beat)
左室搏功指数	LVSWI	0.4~0.75 J/(m·beat·m <sup>2</sup> )

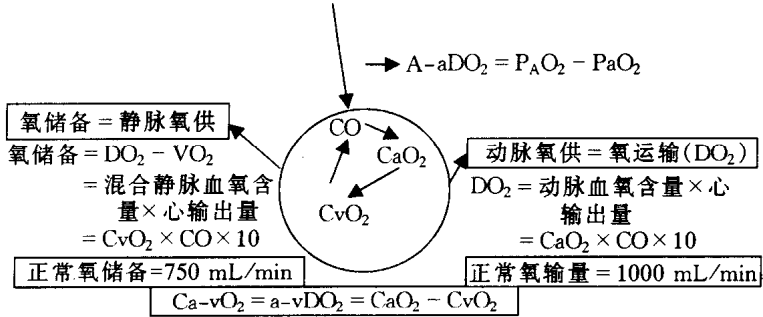
其他血流动力学参数:

非侵入性		侵入性	
可测定的		可测定的	推论
1. 毛细血管再充盈		PaCO <sub>2</sub>	A-aDO <sub>2</sub>
2. 血氧饱和度 (SaO <sub>2</sub> )		PaO <sub>2</sub>	a-vDO <sub>2</sub>
		pH	CaO <sub>2</sub>
		PvCO <sub>2</sub>	Ca-vO <sub>2</sub>
		PvO <sub>2</sub>	

### § 1.1.3 心肺系统的氧运输功能



### 氧运输公式图解



氧耗量 ( $VO_2$ )

$VO_2$  (Fick 公式):

$$\begin{aligned} VO_2 &= \text{动脉氧供} - \text{静脉储备} \\ &= (CaO_2 \times CO) \times 10 \\ &\quad - (CvO_2 \times CO) \times 10 \\ &= Ca-vO_2 \times CO \times 10 \end{aligned}$$

正常  $VO_2 = 250 \text{ mL/min}$

氧的摄取比值 ( $O_2ER$ )

$$\begin{aligned} &= \text{氧耗量} / \text{氧输量} \\ O_2ER &= VO_2 / \text{氧输量} \end{aligned}$$

正常氧摄取 = 25%

## § 1.1.4 心肺压力动力学

右房  $\rightarrow$  右室  $\rightarrow$  肺动脉  $\rightarrow$  肺泡毛细血管  $\rightarrow$  肺静脉  $\rightarrow$  左房  $\rightarrow$  左室  $\rightarrow$  血压

$\leftarrow$  CVP  $\leftarrow$   $\leftarrow$  PAP  $\leftarrow$   $\leftarrow$  PAWP  $\leftarrow$   $\leftarrow$  BP

(中心静脉压) (肺动脉压) (肺毛细血管压)

### § 1.1.4.1 各压力正常参考值

1. 中心静脉压	0~6 mmHg
2. 右室收缩压	15~25 mmHg
3. 右室舒张末压	0~6 mmHg
4. 肺动脉收缩压	15~25 mmHg
5. 肺动脉舒张压	8~15 mmHg

6. 肺动脉平均压	10~15 mmHg
7. 肺毛细血管嵌压	4~12 mmHg
8. 动脉血压:	
收缩压	120 mmHg
舒张压	80 mmHg
平均动脉压	93 mmHg
脉压	40 mmHg

### § 1.1.4.2 引起心肺压力变化的常见疾病

血 压	中心静脉压	肺动脉压	肺毛细血管嵌压
升高: 主动脉瓣关闭不全 动脉硬化 药物(强心药, 升压药) 原发性高血压  下降: 主动脉狭窄 心律失常 心脏压塞 左心衰(充血性心衰, 心肌梗死, 休克) 二尖瓣狭窄 休克	升高: 前负荷↑: 高血容量 三尖瓣关闭不全 VSD  后负荷↑: ARDS COPD 慢性左心衰 慢性肺心病 PPV 肺动脉瓣狭窄 肺血管阻力增高(栓塞, 高血压) 三尖瓣狭窄 收缩力↑: 心脏压塞 心肌病 限制性心包炎 左心衰(充血性心衰, 心肌梗死, 休克) 右心衰  下降: 低血容量: 绝对性(丢失) 相对性(休克, 药物)	升高: 心脏压塞 高血容量 左右分流 左心衰(充血性心衰, 心肌梗死, 休克) 二尖瓣瓣狭窄/关闭不全 肺血管阻力↑: 酸中毒 栓塞 高血压 低氧血症 升压药  下降: 低血容量 绝对性(丢失) 相对性(休克, 药物)	升高: 心脏压塞 限制性心包炎 高血容量 左心衰(充血性心衰, 心肌梗死, 休克) 二尖瓣狭窄/关闭不全  下降: 低血容量: 绝对性(丢失) 相对性(休克, 药物)

### § 1.1.5 各种疾病的血流动力学表现规律

疾病或失调	RR	HR	BP	PP	CO	CVP	PAP	PAWP	SVR	PVR	SvO <sub>2</sub>
ARDS	↑	↑	↑↑	↑↓	N	N	↑	N	N	↑	↓
左心衰	↑	↑	↑↑	↓	↓	N/↑	↑	↑	↑	↑	↓
右心衰	↑	↑	↑↑	↓	↓	↑	N	N	↑	N	↑
心脏压塞	↑	↑	N/↓	↓	N/↓	↑	↑	↑	↑	N/↑	N/↓
心脏病	↑	↑	N/↑	↓	N/↓	↑	↑	↑	↑	N/↑	N/↓
COPD	↑	↑	N	N	N/↓	N/↑	↑	N	N/↓	↑	↓
心肌梗死	↑	↑	↑	N/↓	N	N	↑	↑	↑	↑	↓
肺水肿	↑	↑	N	N	N	N	↑	N	N	↑	N/↓
肺栓塞	↑	↑	↑↑	↑↓	N	N	↑	N	N	↑	↓
休克:											
过敏性	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	N/↑	↓
原发性	↑	↑	↓	↓	↓	N	↑	↑	N/↑	N/↑	↓
低容量性:											
代偿性	↑	↑	N/↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓
失偿性	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓
神经原性	↓	↓	↓	↓	N/↓	↓	↓	↓	↓	N/↑	↓
感染性:											
热休克	↑	↑	N/↓	↑	N/↑	↓	↑	↑	↓	N/↑	↓
冷休克	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	N/↑	↑
血管性:											
主动脉狭窄	↑	↑	↓	↓	↓	N/↑	↑	↑	↑	↑	↓
主动脉关闭不全	↑	↑	↓	↓	↓	N/↑	↑	↑	N/↑	↑	↓
二尖瓣狭窄	N/↑	N/↑	N/↓	↓	N/↓	N/↑	N/↑	N/↑	N/↑	N/↑	N/↓
二尖瓣关闭不全	↑	↑	N/↓	↓	↓	N/↑	↑	↑	N/↑	N/↑	↓

## § 1.2 肺通气动力学基础

### § 1.2.1 肺通气的机械动力

吸气 (主动):  
膈肌与胸部肌肉收缩



呼气 (被动):  
肌肉松弛 ↓, 肺弹性回缩



### § 1.2.2 各种气压的定义

缩写	定义	其他名称	注释
1. Pao	气道开口处压力	口腔压	除非气道压是正压, 正常情况为 0
2. Palv	肺泡内压	肺内压, 肺泡压 (P <sub>A</sub> )	随呼吸周期变化而变化
3. Ppl	胸膜腔压	胸膜腔内压 (P <sub>IP</sub> ) 或胸内压 (P <sub>IT</sub> )	随呼吸周期变化而变化。平静呼吸时为负压
4. Pbs	体表压	大气压	除非设置负压, 正常情况为 0
5. 压力梯度:			
Prs	跨呼吸压 Prs = Palv - Pao	气道间的压差	使气体吸入和呼出肺
P <sub>L</sub>	跨肺压 P <sub>L</sub> = Palv - Ppl	肺内与肺外胸膜腔的压差	影响肺泡膨胀与容积的程度



### § 1.2.3 肺顺应性

---

顺应性 = 膨胀的容易程度 = 1/膨胀的难度(静态阻抗) = 1/弹性回缩  
= 1/(弹性阻力 + 表面张力)

弹性回缩 ↑ = 顺应性 ↓

弹性回缩 ↓ = 顺应性 ↑

静态顺应性( $C_s$ ):

$C_s$  = 肺和胸的总顺应性 =  $\Delta V/\Delta P = V_T/P_L$

$C_{LT} = C_L(\text{肺}) + C_T(\text{胸壁})$

理想肺: 1.02 L/kPa

正常肺: 0.5~0.85 L/kPa

动态顺应性( $C_{dyn}$ )(总阻抗):

$C_{dyn} = C_s + R_{aw} = \Delta V/\Delta P_L$

---

### § 1.2.4 气道阻力 ( $R_{aw}$ )

$R_{aw}$  = 对气流的阻抗 =  $\Delta P/\text{流速} = P_{rs}/\dot{V}$

正常值: 0.06~0.24 kPa/(L·s)

时间常数  $\tau$  (肺膨胀或回缩的时间):

$\tau = C_s \times R_{aw}$

正常肺组织  $\tau = C_s(1.02 \text{ L/kPa}) \cdot R_{aw}[0.2 \text{ kPa}/(\text{L} \cdot \text{s})] = 1.02 \times 0.2 = 0.2 \text{ s}$

哮喘  $\tau = C_s(1.02 \text{ L/kPa}) \cdot R_{aw}[0.4 \text{ kPa}/(\text{L} \cdot \text{s})] = 1.02 \times 0.4 = 0.4 \text{ s}$

肺纤维化  $\tau = C_s(0.5 \text{ L/kPa}) \cdot R_{aw}[0.2 \text{ kPa}/(\text{L} \cdot \text{s})] = 0.5 \times 0.2 = 0.1 \text{ s}$