

● QINGDAOHAIYANG
DAXUECHUBANSHE

● 许仁和 毛书斌 吴广胜 傅善杰 主编

呼吸病诊疗学基础

HUXIBINGZHENLIAOXUEJICHU

青岛海洋大学出版社

主 编: 许仁和 毛书斌 吴广胜 傅善杰

副主编: (以姓氏笔划为序)

马秀华	马永林	于钦凤	王 玲	王东风
王彩英	王建伟	曲福英	李全新	牟爱萍
姚树人				

编 者: (以姓氏笔划为序)

马秀华	马永林	于钦凤	王 玲	王东风
王云启	王彩英	王建伟	王保周	毛书斌
叶秀香	刘淑英	曲福英	许仁和	许积香
牟爱萍	吴广胜	李全新	李存英	李海燕
陈述语	张书堂	张岚清	张曼华	张艳丽
张维录	尚晓涛	荣世翻	徐俊兰	姚树人
傅善杰	董 亮	滕 林		

序

由许仁和教授等作者主编的《呼吸病诊疗学基础》一书概括地阐明了与肺有关的呼吸机能和非呼吸机能内容，突出地详细介绍了有关血液气体分析的含义及临床应用，说明了体内水和电解质的代谢、渗透压和酸碱平衡等问题。书中引论了气道反应性测定和它在临床诊疗方面的意义，反映了呼吸专业学者正在探究的课题。纤维支气管镜检查是呼吸系疾病的重要诊断和治疗手段，在本书中也得到全面的介绍。作者等积累了丰富的临床经验又收集了国内外有关学识；因此，本书将对中青年临床医师以及医学院校学生提供基础的、有价值的参考信息，也为年长的临床医师准备了许多有用的诊疗资料。在本书即将与读者见面之际，我们应当庆贺它的诞生并感谢作者们的辛勤努力。

中华医学会呼吸病学会主任委员
中华结核和呼吸杂志名誉主编
北京协和医院教授 罗慰慈

1993.4.6

前 言

在临床和教学工作中,许多中、青年医师和教师,深感缺少一部系统阐述肺功能及其在临床上应用、血气分析及其在临床应用、水和电解质以及渗透压失常在临床上应用,酸碱平衡和酸碱失衡诊断和处理知识、纤维支气管镜在临床上应用等专著,我们将这些知识汇集在一起,编写成册,方便地提供临床中青年医师(不仅是呼吸内、外科医师)和医学院校高年级学生阅读和查看,希望对这些读者有所裨益,这就是编写本书的目的。

有关肺功能的几章,参阅近年来日本文献较多,内容新颖,并密切联系临床,以求学以致用。酸碱平衡和酸碱失衡,参阅西方发达国家的文献较多,更立足于我们几十年来自己的经验和体会,内容较为丰富。对复合(混和)性酸碱失衡的分类,在Emmett和Narins将代谢性酸中毒分为高AG代酸和正常AG代酸的基础上,我们分为二重型,三重型和四重型,便于针对性诊断和处理,有利于病人的转归。我们在常用单纯型酸碱失衡代偿预计公式的基础上,结合病史、动脉血气分析和同步电解质检查,进一步推导出18个复合型酸碱失衡诊断预计公式,编写成诊断程序,用于电子计算机诊断,1分钟内打印出酸碱失衡类型及处理原则的报告,准确率约95%,及时地给临床医师提供处理依据,无疑会促进病情好转。

本书脱稿后幸庆得到了中华医学会呼吸病学会主任委员、《中华结核和呼吸疾病》杂志主编罗慰慈教授的指正,并欣然作序。在此我们特向罗教授表示衷心地感谢。

由于作者的水平有限,编写时间仓促,错误和不足之处在所

难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

1993年2月

于山东医科大学附属医院

目 录

第一章 肺功能检查理论基础.....	(1)
第一节 总论.....	(1)
第二节 基本原理.....	(8)
第二章 肺的通气和换气功能.....	(26)
第一节 肺容量.....	(26)
第二节 肺通气.....	(33)
第三节 肺内气体交换.....	(46)
第四节 肺泡气体分布.....	(60)
第三章 呼吸力学机制.....	(73)
第一节 呼吸压力.....	(73)
第二节 顺应性.....	(75)
第三节 气道阻力.....	(76)
第四节 呼吸功.....	(78)
第四章 气道反应性测定及其临床应用.....	(81)
第五章 肺的非呼吸功能.....	(89)
第一节 肺的代谢和内分泌功能.....	(89)
第二节 呼吸系统的防御和免疫功能.....	(106)
第六章 气体分析及其临床应用.....	(123)
第一节 气体分析的物理特征.....	(123)
第二节 常用气体分析参数及其临床意义.....	(129)
第三节 气体分析的影响因素.....	(133)
第四节 常用气体方程式及其临床应用.....	(138)

第七章 水与电解质的正常和异常代谢	(144)
第一节 水与钠的正常和异常代谢	(145)
第二节 钾的正常和异常代谢	(179)
第三节 氯的正常和异常代谢	(193)
第四节 镁的正常和异常代谢	(195)
第五节 钙的正常和异常代谢	(199)
第八章 渗透压及其临床应用	(204)
第一节 水和渗透压的正常代谢	(204)
第二节 渗透压测定在临床上应用	(216)
第九章 酸碱平衡和酸碱失衡	(233)
第一节 酸碱生理学	(233)
第二节 酸碱平衡的调节	(240)
第三节 酸碱失衡诊断参数及其临床意义	(254)
第四节 酸碱失衡的分类	(263)
第五节 酸碱失衡的诊断程序	(265)
第六节 单纯型酸碱失衡	(275)
第七节 复合型酸碱失衡的诊断	(306)
第八节 复合型酸碱失衡的治疗原则	(354)
第十章 纤维支气管镜检查	(359)
第一节 纤支镜检查的适应证、禁忌证、 并发症及其处理	(359)
第二节 纤支镜检查方法	(364)
附录一 附表	(375)
附表 1 在不同温度下的水蒸气分压	(375)
附表 2 ATPS时测得的气体容量换算为BTPS 时 容量的换算因素	(377)
附表 3 ATPS时测得的气体容量 换算为STPD 时容量的换算因素	(378)

附表 4	mmHg变换为kPa.....	(379)
附表 5	将cmH ₂ O换算为kPa.....	(380)
附表 6	将干燥气体由ml换算为mmol.....	(380)
附表 7	血清电解质的换算因子.....	(381)
附表 8	常用钾、钠等注射液换算值.....	(381)
附表 9	电解质及其它无机物正常值.....	(382)
附表10	血液气体及酸碱分析正常值.....	(384)
附表11	尿液生化正常值.....	(385)
附表12	肺功能测定正常值.....	(387)
附表13	常用元素原子量值表.....	(389)
附录二	英文缩写略语及中文释义.....	(391)

第一章 肺功能检查 理论基础

第一节 总 论

一、肺与气道的结构

为了理解肺功能，简述一下气道与肺的结构要点。呼吸系统由鼻腔、咽、喉、气管、支气管、肺泡组成。从鼻腔到喉头部为上气道，气管及其以下为下气道，总称为气道。其具有对吸入气过滤、加温、湿化的功能。在鼻腔吸入气的湿度达75~80%，到达气管分叉部，由于气道粘膜的作用湿度即达近100%。故用口呼吸就达不到对吸入气充分湿化的效果(图1-1)。

支气管的分支基本上是顺次一分为二的分支。平均经过16级分支后成为终末细支气管。到达呼吸性细支气管、肺泡管肺泡即进入气体交换部。

气管、支气管由环状软骨和平滑肌包绕，到末端软骨逐渐减少或消失。支气管的基本结构从内向外分为粘膜、粘膜下层、肌层、肌外层、支气管腺体、软骨纤维层等支气管周围组织。小叶内的支气管没有软骨和腺体。

小叶大约1~2cm²大小，以小叶间隔为界，一般由30~60个终末呼吸单位组成一个肺小叶，小叶聚合成肺叶，右肺为上、中、下三叶，左肺为上、下二叶。

呼吸性细支气管为1、2级，有时分为3级，是肺泡与肺实质

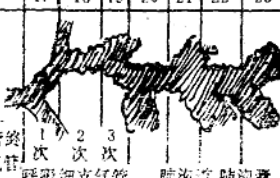
分支	0	1	2	3	4	5~16	17	18	19	20	21	22	23
支气管肺的构造													
	细支气管终末细支气管						1 2 3 次次次呼吸细支气管			肺泡管 肺泡囊			
	气道(导管)部						中间区域			呼吸部			
狭窄(阻塞)	炎症 肿瘤 异物 支气管哮喘 慢性支气管炎						弥漫性细支气管炎 细支气管肺炎			肺炎 间质性肺炎 郁血 扩张不全 肺泡蛋白症			
扩张(扩大)	支气管扩张 支气管性囊肿						肺气肿 细支气管扩张 间质性肺炎			肺气肿 (广泛小叶型) 老年肺			

图1-1 呼吸系统疾病的病变部位

的接点，亦称为中间领域。最后是肺泡管、肺泡囊。肺是一个海绵状脏器，肺泡上皮细胞与其肺泡称为肺实质。肺泡壁的毛细血管呈网状分布。在间质有弹性纤维、嗜银纤维、胶原纤维、间质细胞等。肺泡的直径平均 $280\mu\text{m}$ ，大约有3亿个肺泡，其面积约 $40\sim 80\text{m}^2$ ，其中70%参入呼吸。肺泡面积为皮肤面积的20倍。

二、肺的气体交换功能

肺的主要功能是气体交换。即从大气中摄取氧，将体内代谢产生的二氧化碳排出体外，以维持机体代谢的需要。呼吸分为内呼吸和外呼吸。外呼吸是在肺内进行通气与换气，由呼吸系统和循环系统来完成；内呼吸是在细胞水平进行氧的利用和气体交换，是由循环系统和血液系统来完成。

肺的气体交换包括通气、气体分布、弥散肺循环，通气-血流比值等过程。这些过程统称为肺功能。

肺功能基本分为四个过程(图1-2)。

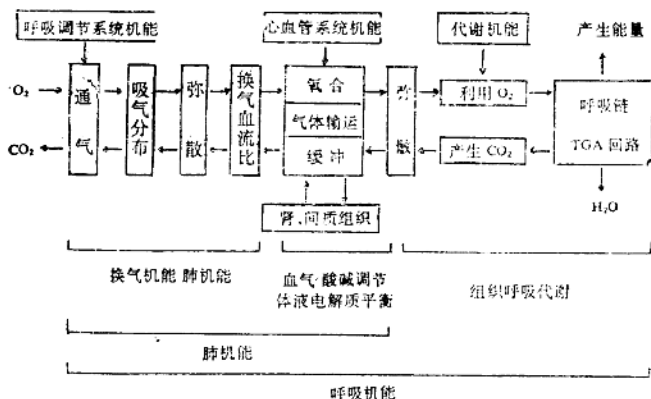


图1-2 呼吸机能概略图

1. 肺的通气过程(Ventilation)即气体的出入过程。此过程是在气道内进行，没有气体交换，这部分气道称为解剖死腔。其容量大约150ml。

2. 肺内气体分布(distribution)吸入肺内的空气全部均匀地分布到约3亿个肺泡的过程。

3. 弥散(diffusion)是氧和二氧化碳通过肺泡毛细血管进行气体交换的过程。二氧化碳的弥散能力是氧的20倍，故通常所指的弥散功能障碍是指氧而言，二氧化碳弥散障碍在临床上是不存在的。

4. 肺循环(Pulmonary Circulation)人体通过肺循环，补充氧气，排出二氧化碳。肺循环在结构上有一个泵(右心室)，一

个分配系统(肺动脉和肺小动脉),一个交换系统(毛细血管床)和一个收集系统(肺小静脉和肺静脉)。静脉血通过右心进入肺动脉,在亿万毛细血管进行气体交换,摄入氧,排出二氧化碳,然后进入肺静脉,再进入左心进入体循环。此循环为肺循环。在此过程中需要有正常的心脏和血管系统。

以上四个过程中,任何环节发生异常,就会出现呼吸功能障碍。由肺及胸廓功能障碍而导致的血气异常称为肺衰竭(Pulmonary failure);由肺部病变所致的呼吸功能障碍和/或呼吸中枢及呼吸运动障碍、血液成份异常、循环障碍等而产生的血气异常,称为呼吸衰竭(respiratory failure)。呼吸衰竭的血气标准是: $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ (8.0kPa), 和/或伴有 $\text{PaCO}_2 > 50\text{mmHg}$ (6.7kPa)。

三、肺功能检查的意义

肺功能检查是测定肺生理功能的一项检查。其目的在于查出肺的功能损害。引起肺功能损害的常见疾病如表1-1。

肺功能损害有时并不与肺的形态异常和病变程度相一致。但根据功能检查能够很明确地掌握呼吸系统各种疾病的特征,这样可以根据临床的目的和需要,检查的方法和项目就有所不同,最后根据各种检查结果,综合分析判断。那么肺功能检查的作用就在于:

1. 对通气功能障碍性质的诊断;
2. 对呼吸困难的鉴别诊断;
3. 对呼吸衰竭性质的诊断;
4. 过度通气综合症的诊断;
5. Pickwickian综合症的诊断;
6. 慢性肺气肿的诊断及程度的判定;
7. 支气管哮喘的诊断;

表1-1 引起呼吸机能异常的疾病

(1) 肺疾病 a. 阻塞性通气障碍: 急性、慢性支气管炎, 慢性肺气肿, 支气管哮喘, 毛细支气管炎 b. 限制性通气障碍 ① 肺实质疾病: 肺纤维化、肺炎、肺化脓症, 肺结核, 矽肺病, 肺不张 ② 胸膜疾病: 胸膜炎, 气胸, 胸膜粘连, 胸腔积液 ③ 胸廓疾病: 脊柱侧弯, 重症肌无力症, 急性灰白质炎, 膈肌麻痹 c. 肺循环障碍 ① 肺血管病变: 原发性肺动脉高压症, 肺梗塞 ② 由肺疾病引起的继发性肺动脉高压, 肺心病 (2) 心脏疾病 a. 郁血性心衰, 心瓣膜病, 高血压, 冠心病, 心肌梗死, 心肌炎, 心包炎, 心内膜炎	b. 分流性心脏疾病 ① 左-右分流疾病造成的前毛细血管性肺高压; 室缺、房缺、动脉导管未闭 ② 右-左分流疾病引起的肺血流减少, 法四, 三尖瓣闭锁 (3) 上气道疾病 异物、肿瘤引起的阻塞, 鼻咽喉梗阻, 喉头麻痹, 外伤, 气管阻塞, 气管切开后狭窄 (4) 心因性疾病 过度通气综合征 (5) 血液疾病 贫血, 异常血红蛋白症, 真性红细胞增多症 (6) 代谢异常 甲元 糖尿病酸中毒, 肾性酸中毒 (7) 神经性疾病 重症肌无力, 急性灰白质炎呼吸中枢附近的病灶, 脑水肿 (8) 气体中毒及O₂缺乏 CO中毒, 毒气中毒, 高原缺O₂
---	--

8. 弥漫性细支气管炎的诊断;

9. 慢性支气管炎的分类;

10. 过敏性肺泡炎的诊断;

11. A-Cblock的诊断;

12. 运动能力的判断;

13. 肺功能障碍检诊的筛选。

除以上之外, 近年来小气道病变检查又独成一体。另外, 还

有术前检查，选择治疗方法以及其他从社会医学角度来判别尘肺，大气污染所造成的损害程度，也需要肺功能检查。

肺功能检查的项目有：

1. 肺容量的测定；
2. 用力呼气量及其曲线；
3. $\dot{V}$ -V曲线；
4. 闭合气量；
5. 最大自主通气量；
6. 肺内气体分布；
7. 弥散功能；
8. 动脉血气分析；
9. 肺顺应性；
10. 气道阻力、胸廓气量、肺泡内压、肺毛细血管血流(由体积描记仪测定)；
11. 通气/血流比值；
12. 肺表面张力；
13. 用同位素测定局部肺功能；
14. 阻力、气体力学图的检查。

因为病情不同，临床医生应根据每个病人的具体病理生理情况，选择必要的项目进行肺功能检查。而不是千篇一律所有项目都逐一检查。下面略谈肺功能检查项目的选择：图1-3。

肺功能检查首先是进行肺量仪的测定，这是肺功能最基本的检查方法。肺量仪测定的指标中VC%，FEV_{1.0}%，最大呼气中期流速(MMF)是最敏感的。但对小气道病变尚不能敏感地测出，还要采用流速-容积曲线(F-V)，闭合气量(CV)等测定方法。目前，这些项目均已列为常规肺功能检查。

对以上有明显异常者，不仅要检查通气部分，还要进行肺容量、肺顺应性、肺内气体分布及弥散功能等测定。对低氧血症及

肺气量图(以及动脉血气分析)
(%VC, FEV, %, MMF, FET)

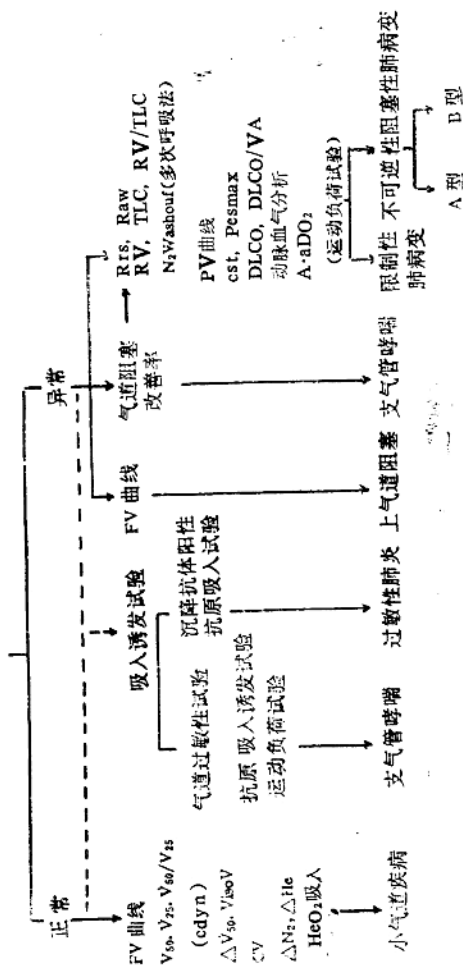


图1-3 肺功能检查的推荐方法

呼吸衰竭的诊断，血气分析更是不可缺少。

对哮喘的诊断，可用支气管扩张剂判断气道狭窄的可逆性，同时亦可采用气道反应性测定进行特异性和非特异性的诱发试验。

第二节 基本原理

一、有关气体定律

(一) 有关气体的基本定律

1. 理想气体定律：

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

P：压力，V：容积，n：气体分子量。

R：气体常数，T：绝对温度。

根据Boyle氏法则，若温度一定，压力和容积的乘积是一定的。

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 (\text{温度一定})$$

Charles氏法则，若压力一定，温度与容积成正比。

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} (\text{压力一定})$$

这都是一般定律的特殊型。

2. Dalton的分压定律

混合气体中的某种气体的分压，等于这个气体以单独的形式占全部容积的压力。混合气体的总压力是各种气体分压之和。

3. 水蒸气的处理方法

因为水蒸气不遵循理想气体定律，因此含有水蒸气的气体，要重新测定水蒸气压。

$$\frac{(P_A - P_{A\text{H}_2\text{O}}) \cdot V_A}{T_A} = \frac{(P_B - P_{B\text{H}_2\text{O}}) \cdot V_B}{T_B}$$

(气体从A状态变为B状态时)

(二) 运用于通气机制的物理学方程式

1. Poiseuille方程式

是表示层流的方程式。气体在层流时，气道阻力两点之间的压力差。

$$P = \frac{8\eta l}{\pi r^4} \cdot \dot{V}$$

η : 气体粘度、 l 管道长度。

r : 管道半径、 $\dot{V}$: 流速

2. Hooke方程式

是物质弹性特性的表达式。力的变化(ΔF)与长度变化(ΔL)与起始长度(L_0)的倒数成比例。

$$\Delta F = E \frac{\Delta L}{L_0} \quad E: \text{弹性率}$$

3. Reynold's指数(NR)

$$NR = \frac{2\rho\dot{V}}{\pi\mu r}$$

ρ : 密度, $\dot{V}$: 气流速度, μ : 粘性, r : 管道半径。

决定气体的流动是层流还是涡流, NR在2000以下是层流, 在10000以上是涡流。

二、气体交换动力学

通气是由于胸廓运动而产生。用物理学法则对通气过程解释的方法叫做呼吸动力机制。在呼吸运动过程中, 呼吸肌的收缩, 肺、胸廓等部位之间产生压力差, 使气体流动, 产生通气。压力、容积和流速就成为呼吸动力机制的三个基本因素。压力与容