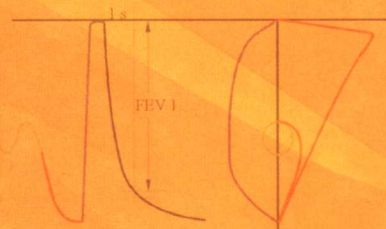
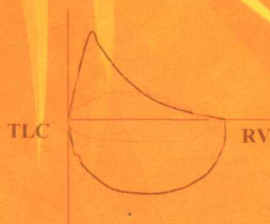
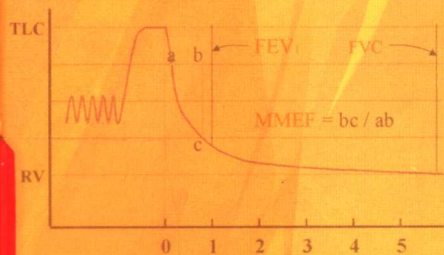


# Clinical Pulmonary Function

## 临床肺功能

主 编 朱 蕾  
刘又宁  
于润江



---

# 临 床 肺 功 能

---

主 编 朱 蕾 刘又宁 于润江

作 者(按汉语拼音排序)

程齐俭 上海第二医科大学附属瑞金医院

蔡映云 复旦大学附属中山医院

董鹤嘉 复旦大学附属中山医院

何礼贤 复旦大学附属中山医院

黄绍光 上海第二医科大学附属瑞金医院

金美玲 复旦大学附属中山医院

连宁方 福建医科大学附属第一医院

刘又宁 中国人民解放军总医院

刘 志 中国医科大学附属第一医院

钮善福 复旦大学附属中山医院

盛 华 上海市华东医院

谢立新 中国人民解放军总医院

于润江 中国医科大学附属第一医院

朱惠丽 上海市华东医院

朱 蕾 复旦大学附属中山医院

张 皓 复旦大学附属儿科医院

王燕英 复旦大学附属中山医院

人 民 卫 生 出 版 社

## 图书在版编目(CIP)数据

临床肺功能/朱蕾等主编. —北京:人民卫生出版社,  
2004.8

ISBN 7-117-06314-9

I. 临… II. 朱… III. 肺-功能-基本知识

IV. R332.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 061073 号

## 临床肺功能

主 编:朱 蕾 刘又宁 于润江

出版发行:人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址:(100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址:[http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

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

印 刷:北京人卫印刷厂(富华)

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23 插页:11

字 数:535 千字

版 次:2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 7-117-06314-9/R·6315

定 价:62.00 元

著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

# 序

近 10 年来,呼吸生理的研究取得了巨大进步,肺功能的测定技术也发生了显著变化。现代肺功能测定应用较既往更加方便。肺功能的应用范围也更加广泛。这些都是大众瞩目的医学进展。展望未来,回顾过去的成绩,提出存在的问题,努力使临床肺功能这一课题推向新的阶段是我们呼吸专业医务工作者的责任。

对临床肺生理学颇有造诣的三位学者:复旦大学附属中山医院朱蕾教授、中国人民解放军总医院刘又宁教授和中国医科大学于润江教授主编完成的《临床肺功能》一书,将有关的临床经验、测试技术和理论基础加以归纳。这本书适应了广大医务工作者迫切希望获得临床肺功能新知识的需要,将会为提高这一领域的水平打下良好的基础。

有幸先睹此书,读后感到收益良多。此书具有知识性、实用性的特点。它首先介绍了与肺功能有关的基础力学和呼吸系统的组织结构方面的知识。大部分章节详尽地介绍了肺容量、通气和换气功能、呼吸动力学和呼吸调节、动脉血气、小儿肺功能、肺功能的临床应用等方面的内容。对于体容积描记、震荡式肺功能测定、心肺功能运动试验等技术方面的知识内容颇为详实。该书更为突出的特点是实用性和连续性,诸如传统与现代肺功能仪器结构特点和区别、技术要求、临床价值、应用中突现的问题和处理均是可借鉴应用的经验。另一值得推荐的方面是他们介绍和分析了近 10 年来有关肺功能测定的新的观点,如气道阻塞和气流阻塞问题、小气道功能的问题、等压点学说的问题、震荡式肺功能特点及其与传统肺功能的关系等问题。由此,也可以反映出在肺功能的理论、测试技术和临床应用等方面还有许多值得研究和开发的重要课题。

读后深感作者们在繁忙的临床医疗工作中完成如此繁重的撰写任务,付出了十分辛勤的劳动,特此向他们表示深深的敬意。

罗慰慈  
北京协和医院呼吸科  
2004 年 7 月

## 前 言

肺有多种功能,如呼吸功能、内分泌功能、代谢功能等,但临床所指的肺功能测定一般是指肺的通气和换气功能测定。1961年由吴绍青、李华德、萨藤三主编《肺功能测验在临床上的应用》,1992年由穆魁津、林友华主编《肺功能测定原理与临床应用》两部专著对推动国内肺功能测定技术的开展和临床应用发挥了重要作用。

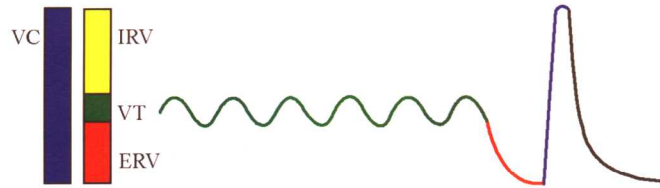
10余年来,肺功能的测定方法和内容有较大改变,如振荡式肺功能仪能在静息呼吸的情况下测定肺的功能,可用于配合不佳的老年人及儿童的测定;可区分呼吸阻力的部位和性质,但对其测定结果的分析仍有较多问题,甚至存在较大争议,其测定结果如何与常规肺功能指标相对应也仍未解决。传统肺功能指标的测定方法和技术要求也有较大改变,总体上趋向于用一台仪器完成肺容量、通气功能和弥散功能的测定,并直接完成实际值和预计值的比较,因此指标的测定手段和数据的显示变得比较抽象,对呼吸生理理解不充分的技术人员和临床医生不容易掌握其原理和技术要求,对可能出现的问题也不容易进行正确的判断。不仅如此,10年来呼吸生理理论也发生了巨大变化,比如慢性阻塞性肺疾病的肺功能改变已由“气道阻塞”改为“气流阻塞”,所谓测定小气道功能的含义也有较大变化,用等压点学说解释流量-容积曲线也存在较多争议。肺功能测定的临床应用范围显著扩大,不仅继续用于肺部疾病的功能判断和疾病的诊断、鉴别诊断,也更多地用于指导手术治疗,特别是进行胸腹部手术的老年患者几乎都要常规进行肺功能检查,如何根据肺功能指标对手术及手术后的康复进行评估特别重要。因此我们编著了《临床肺功能》一书,希望对有关医务人员能有所帮助。本书共21章,主要包括肺容量、通气功能、换气功能、侧位肺功能、动脉血气、呼吸动力学和呼吸调节、小儿肺功能、人体容积描计肺功能测定、振荡式肺功能测定、肺功能测定的临床应用和肺功能的考核等内容。重点论述肺功能指标的理论基础、测定原理、方法和技术要求、存在的问题、临床意义和临床应用价值,重视文字描述和图解的结合,不单纯强调数据或正常值的大小;重视不同指标的内在联系和如何联系;解释清楚肺功能的诊断程序及如何应用于临床;重视肺功能测定仪器结构特点和操作要求的介绍,以及传统肺功能仪与现代肺功能仪的异同;客观评价不同类型的肺功能测定仪器及测定方法。

由于作者水平有限,不足之处请广大读者批评指正。

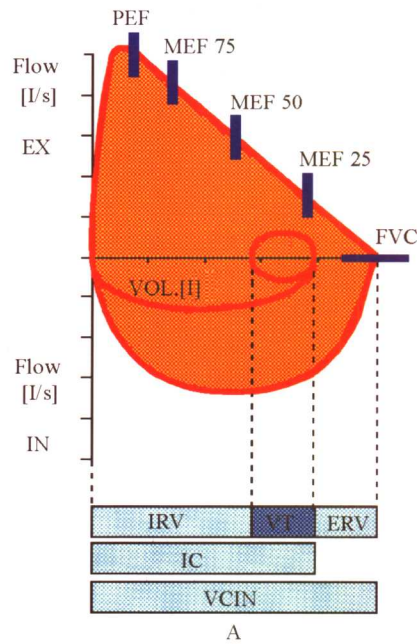
朱 蕾 刘又宁 于润江

2004年7月

# 直接测定肺容量

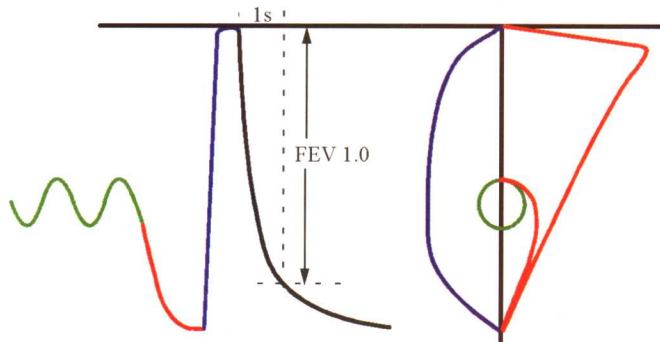


彩图 4-5 肺容量的计算方法



A

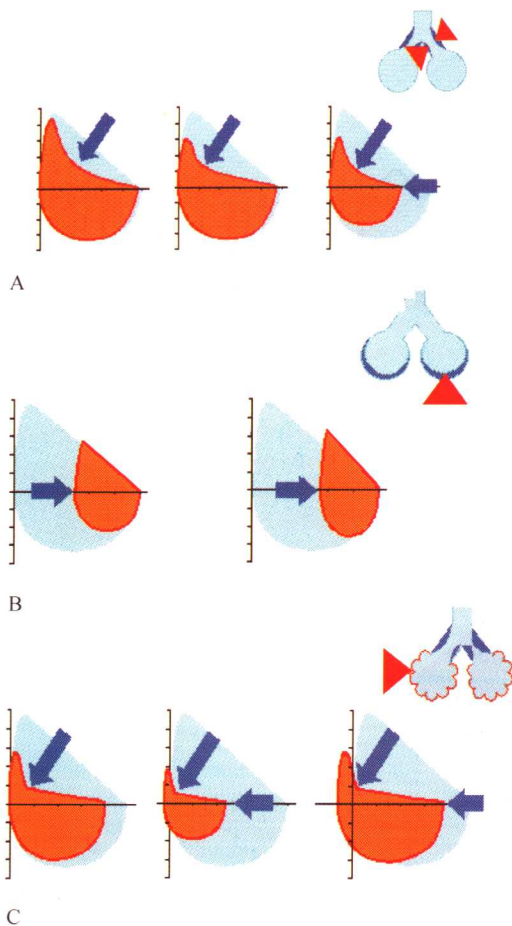
# 用力肺活量和流量-容积曲线



B

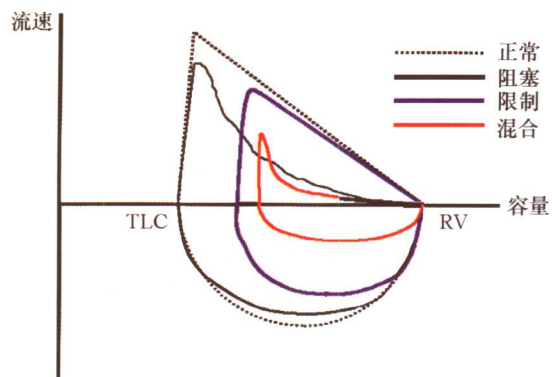
彩图 5-3 正常 MEFV 曲线参数

- A. 正常的 MEFV 曲线及其参数的表示方法；
- B. 现代肺功能仪完成 MEFV 曲线和用力肺活量的同步测定

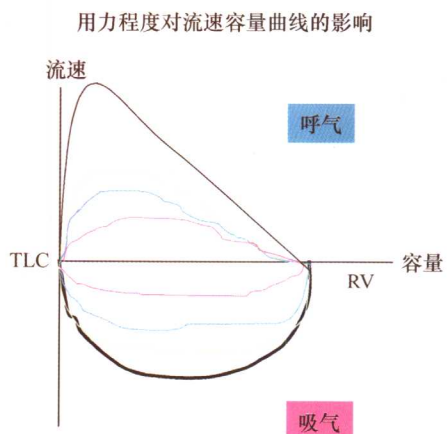


彩图 5-10 不同类型通气功能障碍的模拟图

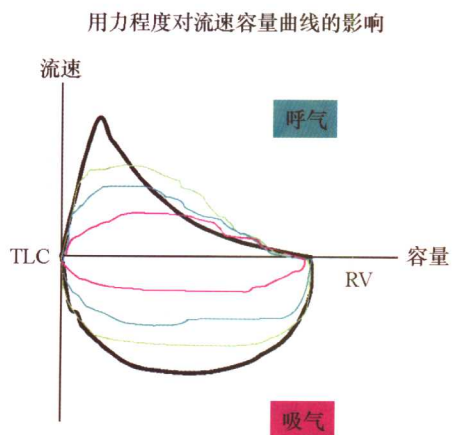
- A. 限制性通气: 肺容积和流速等比例缩小和提前完成;  
 B. 阻塞性通气: 凹陷性下降;  
 C. 混合型通气: 肺容积下降和凹陷性改变同时存在



彩图 5-11 混合型通气功能障碍患者的 MEFV 曲线

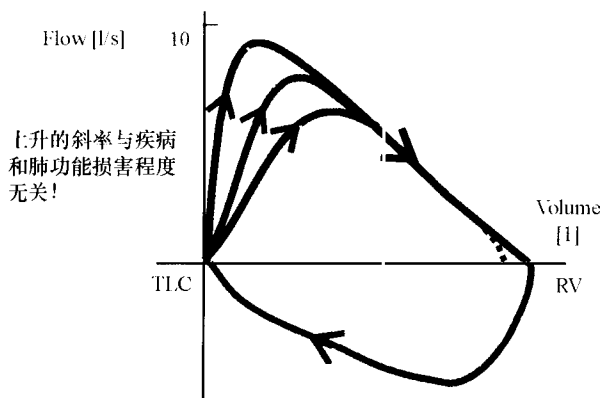


彩图 5-13 正常人呼气力量不足时, 流速下降

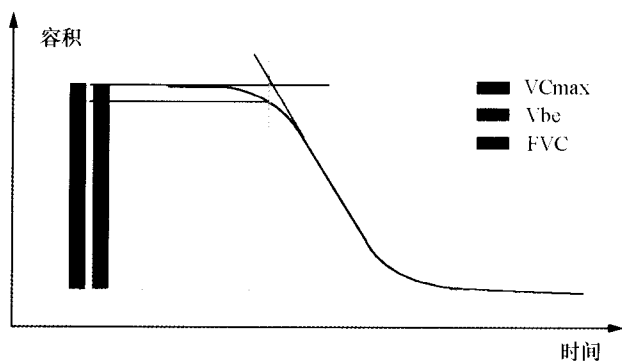


彩图 5-14 在气流阻塞性疾病, 低容量用力不足时, 流速增大

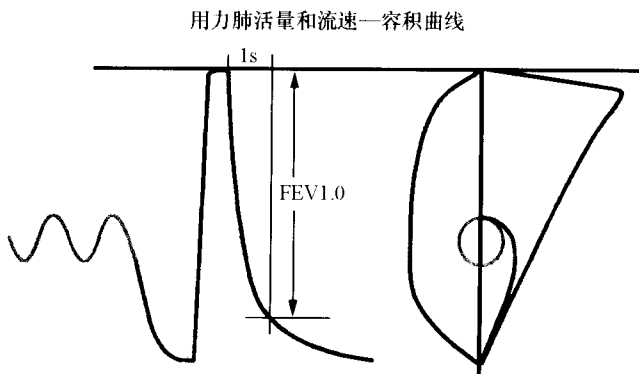
|          |          |           |
|----------|----------|-----------|
| 容量<br>加速 | 流速<br>限制 | 呼气末       |
| 与配合紧密相关  | 需重复检查    | 与用力程度关系较小 |



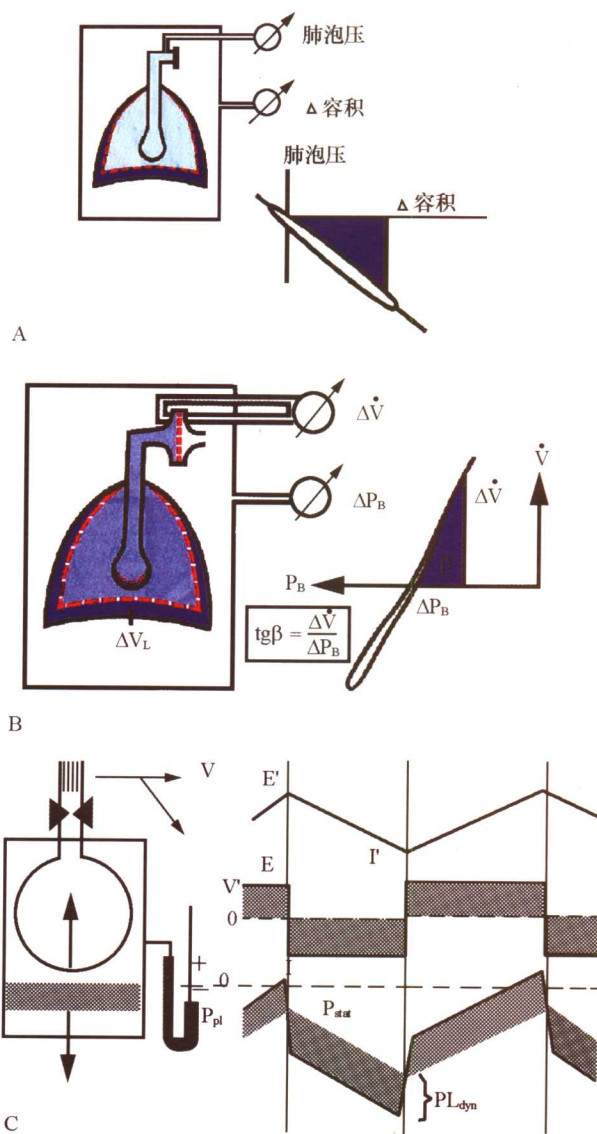
彩图 5-15 呼气用力不足时的 MEFV 曲线



彩图 5-16 外推容量(Vbe)的测定

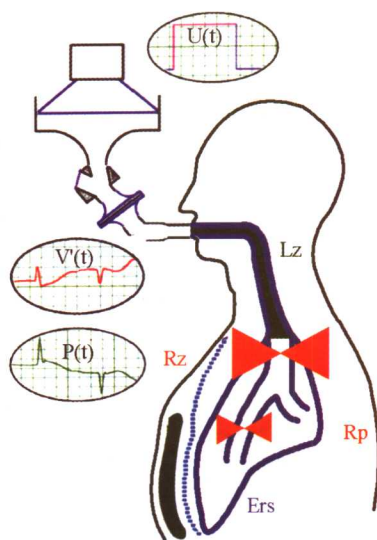


彩图 5-18 现代肺功能仪完成时间肺活量和 MEFV 曲线的同步测定

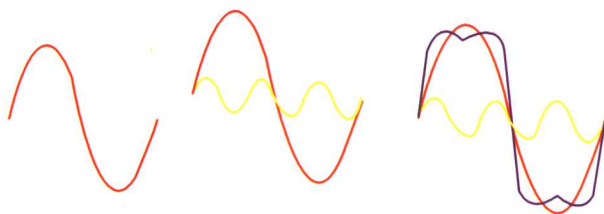
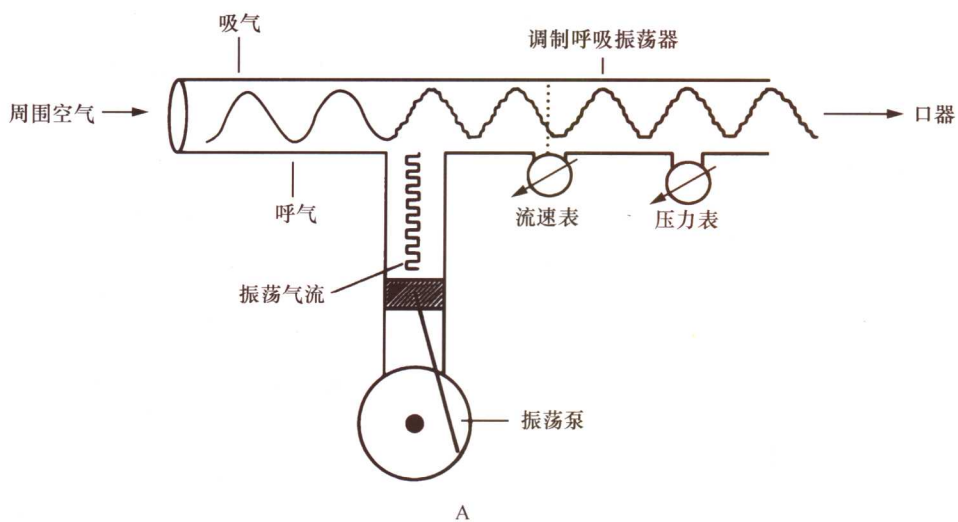


彩图 10-19 体容积描计仪测定肺阻力和顺应性模式

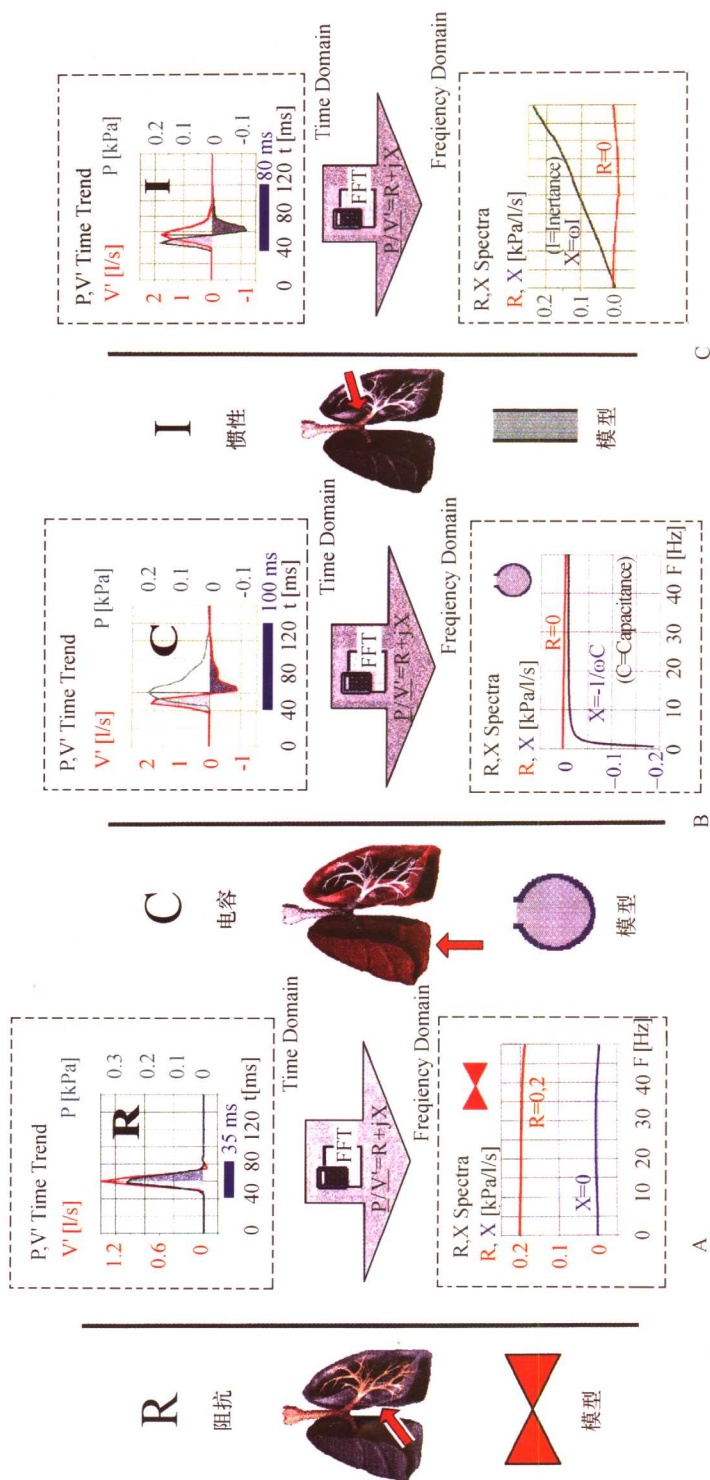
- A. 体描法测定肺容量的模式图
- B. 体描法测定气道阻力的模式图
- C. 体描法测定肺阻力和顺应性的模式图



彩图 17-1 呼吸阻力的分布



彩图 17-3 强迫振荡的产生及振荡波形与正常呼吸波形的叠加



彩图 17-4 呼吸阻力的物理模型

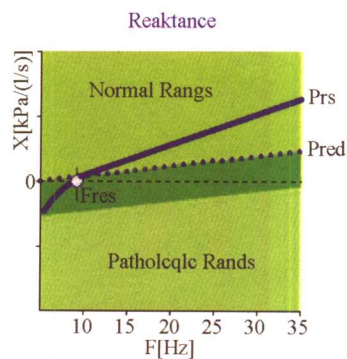
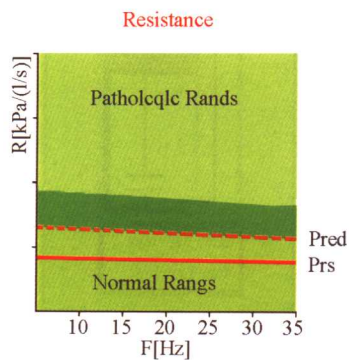
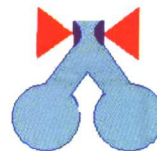
A. 粘性阻力的物理模型

B. 弹性阻力的物理模型

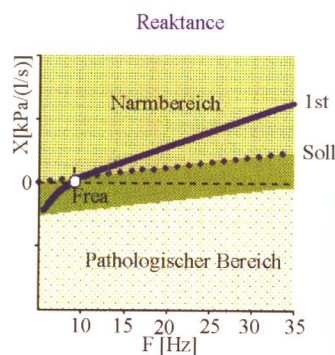
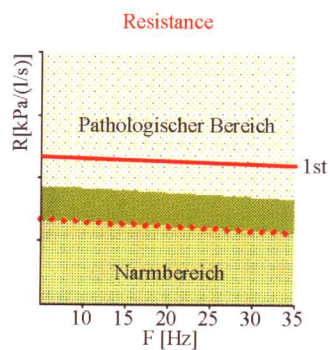
C. 惯性阻力的物理模型

A

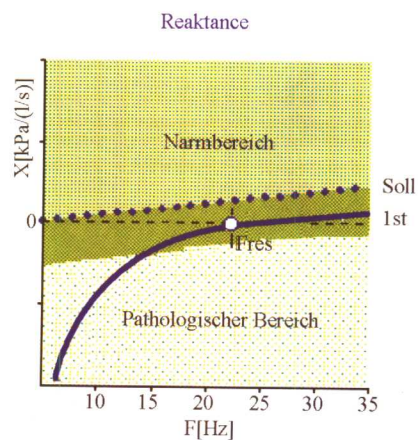
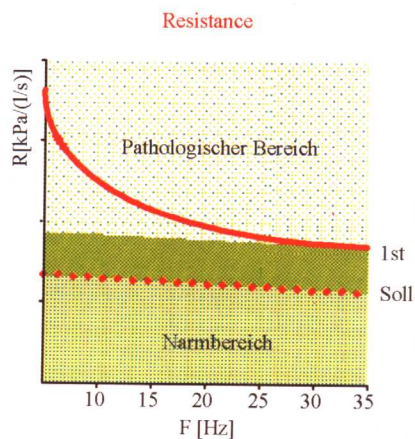
(Adults)



B

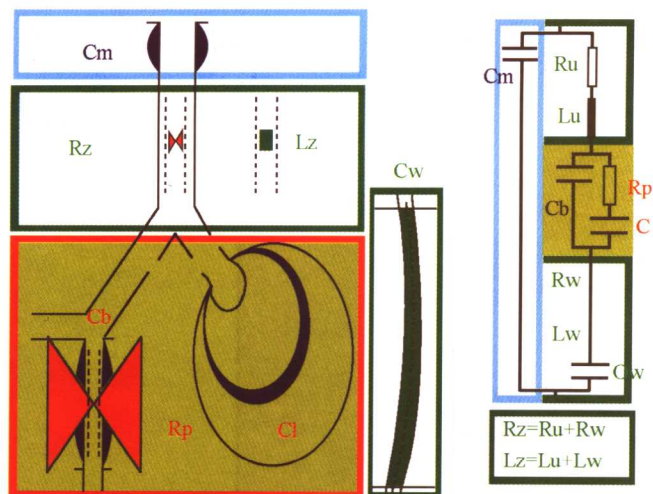


C

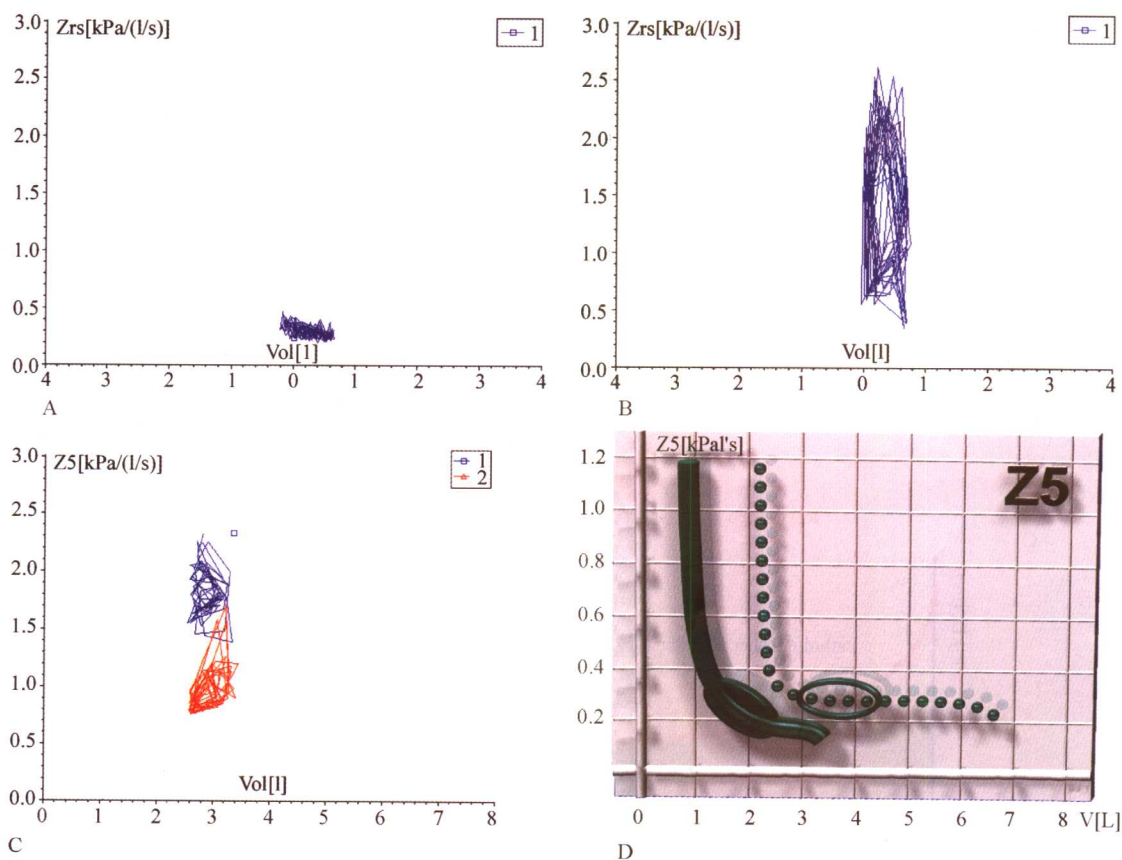


彩图 17-6 不同情况下的频谱分析图

A. 正常; B. 中央气道阻塞; C. 周围气道阻塞

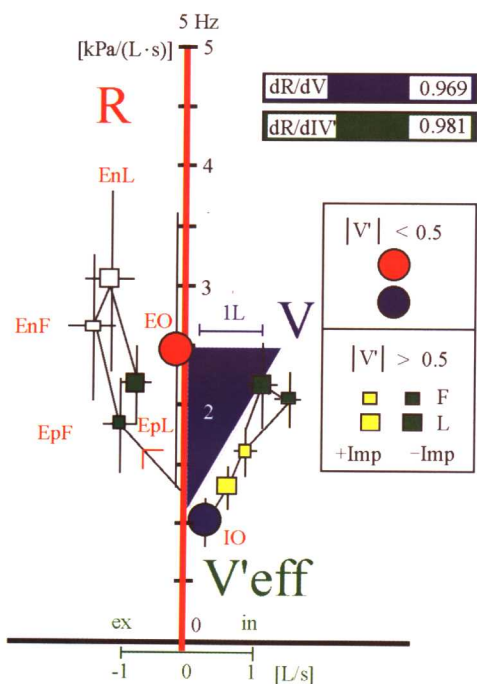


彩图 17-7 结构参数图



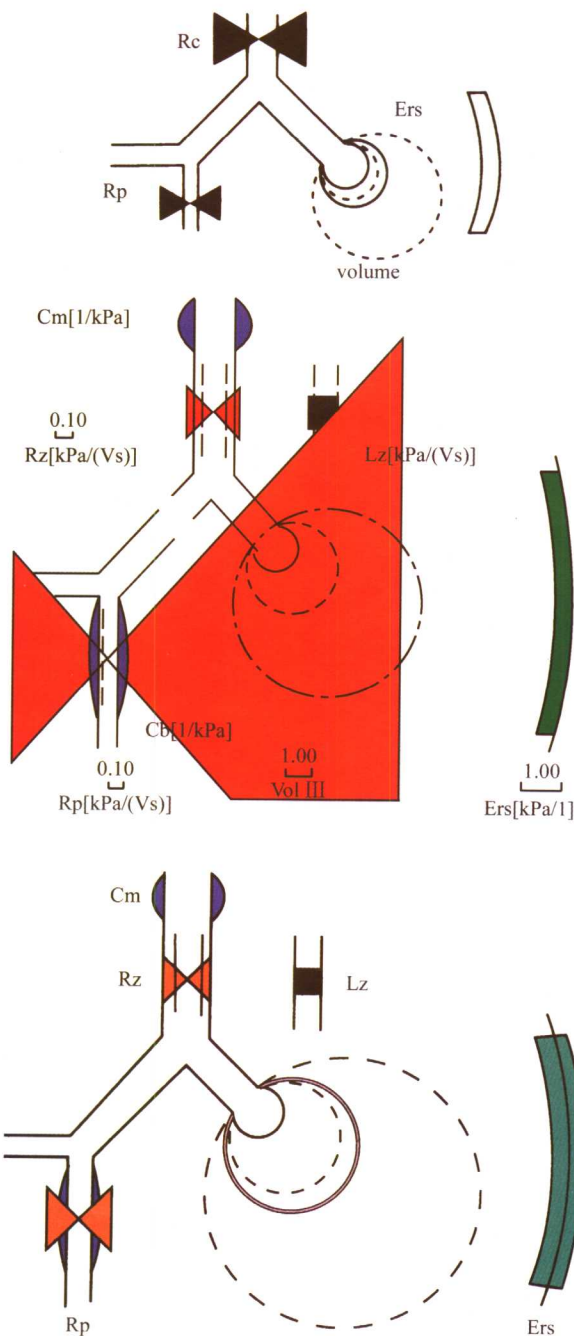
彩图 17-8 不同疾病的 Z-V 图改变

- A. 健康者  $Z_{rs}$  小于  $0.5 \text{ kPa}/(\text{L} \cdot \text{s})$  呼气相与吸气相相似；
- B. COPD  $Z_{rs}$  增大呼气相和吸气相分离，形成一团，中间空白，表示有小气道陷闭；
- C. 哮喘  $Z_{rs}$  明显增大(蓝色)，呼气相和吸气相分离不明显，吸解痉药后下降(红色)；
- D. 限制性疾病(非静息呼吸，为慢肺活量时测定)，VC 下降



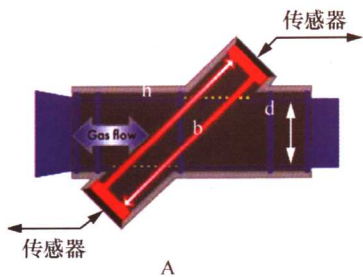
彩图 17-14 阻抗的容积依赖性和流速依赖性

该图为 5Hz(顶端表示振荡频率)的 Intra-breath 图,纵坐标表示阻力  $R$  的大小,  $IO$  表示吸气阻力,  $EO$  表示呼气阻力,该例  $EO$  比  $IO$  大  $1.5\text{ kPa/L} \cdot \text{s}$ 。横坐标同时表示容积和流速。表示容积时,蓝色直角三角形的斜边就反映了容积依赖性( $dR/dV$ ),其数值在右上角方框内,为  $0.969$ ,显著增大。横坐标表示流速时,吸气(in)为正值,呼气(ex)为负值,黄色方块表示正脉冲(p),绿色表示负脉冲(n)。在呼气相,  $EpF$  为达最大流速前正脉冲的平均阻力,  $EnF$  为达最大流速前负脉冲的平均阻力,  $EnL$  为达最大流速后负脉冲的平均阻力,  $EpL$  为达最大流速后正脉冲的平均阻力。从  $IO$  出发依次连接  $EpF, EnF, EnL, EpL$  的曲线,反映了呼气时阻力的流速依赖性 ( $dR/dV'$ ),其数值也在右上角方框内,为  $0.981$ 。也显著增大。吸气时的  $dR/dV'$  的变化也有一定变化,但不如呼气显著



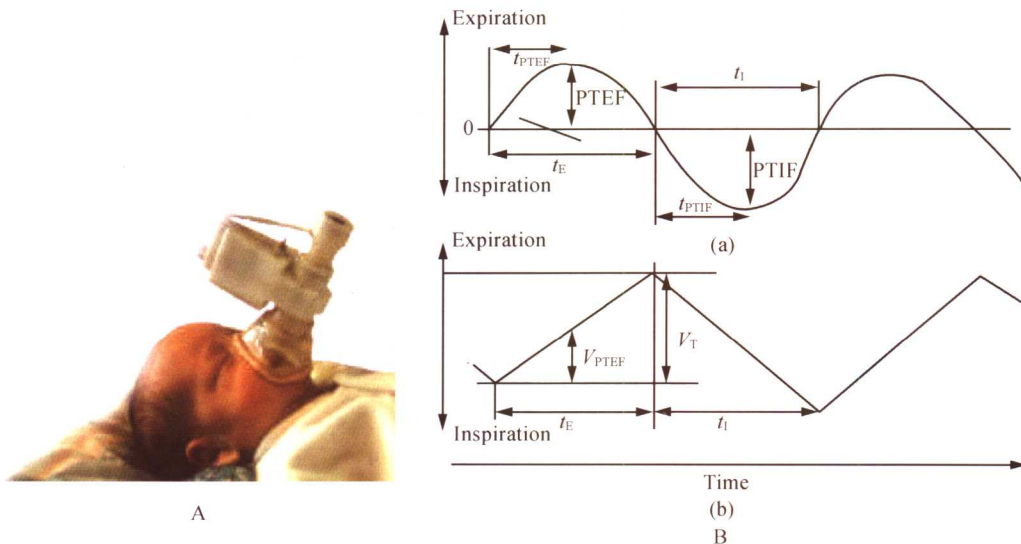
彩图 17-17B 不同病变的结构参数图

从上到下依次为中心气道阻塞 ( $R_z > R_p$ ), 周边气道阻塞 ( $R_z < R_p$ ), 肺组织纤维化 ( $E_{rs}$  增加)



彩图 20-4 功能残气量的测量

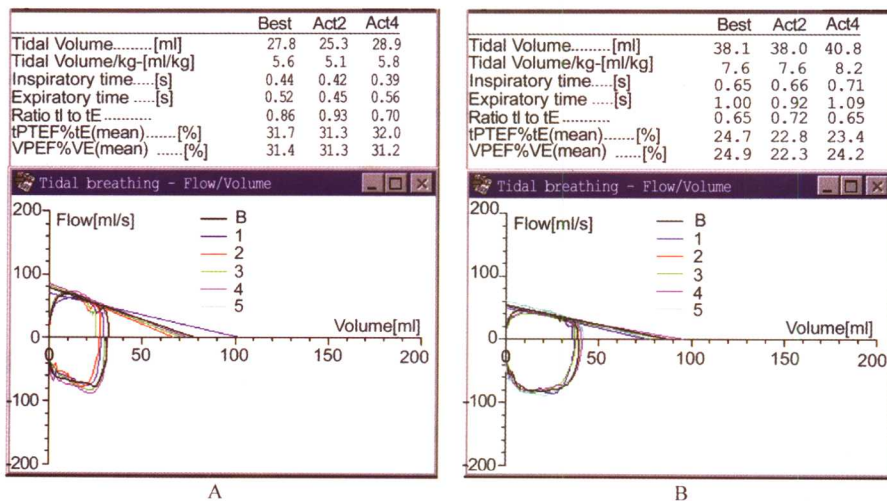
A. 原理图; B. 实测图



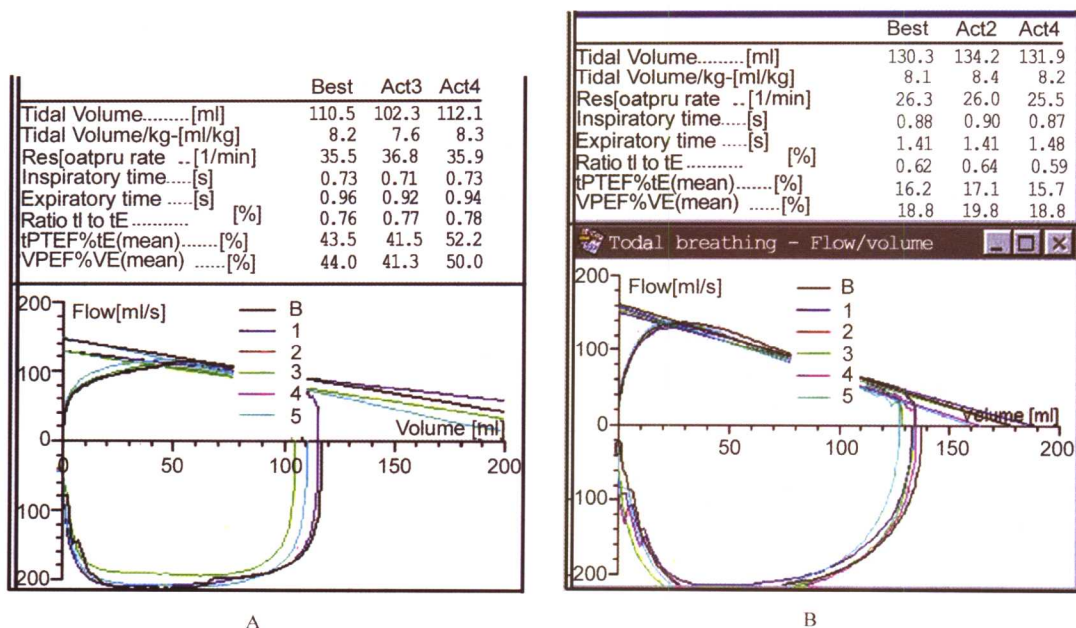
彩图 20-12 潮气参数(摘自参考文献 13)

A. 潮气呼吸实测图; B. 潮气呼吸各参数的示意图

TPTEF: 达到呼气峰流速的时间, PTEF: 呼气峰流速, TI: 吸气时间, TE: 呼气时间, TPTIF: 达到吸气峰流速的时间, PTIF: 吸气峰流速, VPTEF: 达到吸气峰流速的时间, VT: 潮气量

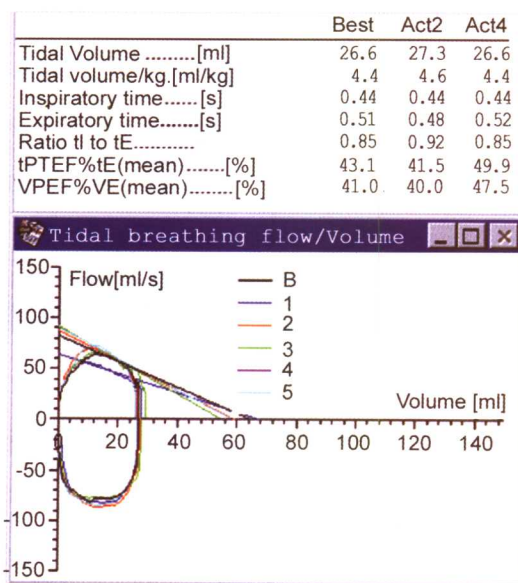


彩图 20-13 潮气量下降掩盖气道阻塞的存在(同一患儿, AB 分别为治疗前后)



A

B



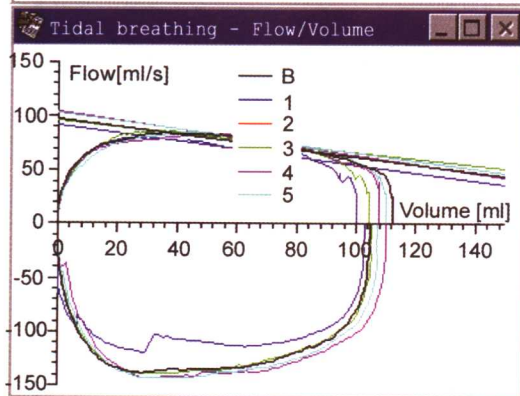
C

彩图 20 - 14 平静呼吸状态下流速容量相关曲线

横坐标为容量,纵坐标为流速。环的下方代表吸气相,上方代表呼气相

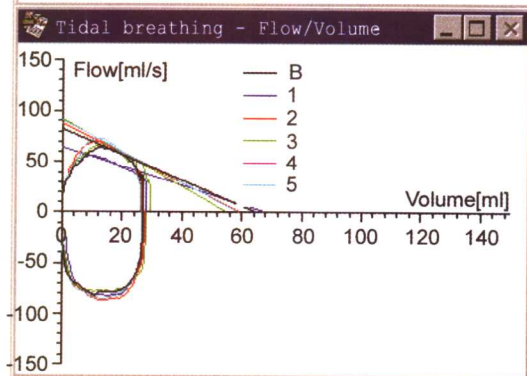
A. 正常; B. 阻塞; C. 限制

|                           | Best  | Act2 | Act4 |
|---------------------------|-------|------|------|
| Tidal Volume .....[ml]    | 102.4 | 98.5 | 98.5 |
| Tidal volume/kg.[ml/kg]   | 7.3   | 7.0  | 7.0  |
| Inspiratory time .....[s] | 0.99  | 0.83 | 0.83 |
| Expiratory time .....[s]  | 1.51  | 1.58 | 1.56 |
| Ratio tI to tE .....      | 0.66  | 0.53 | 0.53 |
| tPTEF%tE(mean) .....[%]   | 35.1  | 30.2 | 41.6 |
| VPEF%VE(mean) .....[%]    | 34.3  | 31.4 | 40.8 |



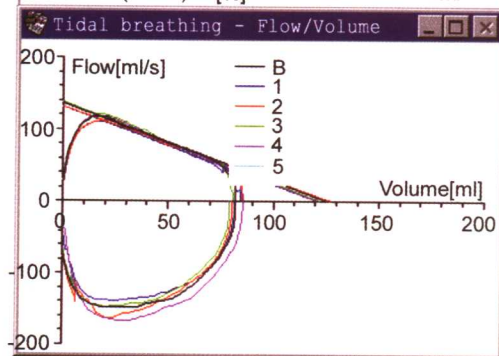
彩图 20-16 正常潮气呼吸图

|                           | Best | Act2 | Act4 |
|---------------------------|------|------|------|
| Tidal Volume .....[ml]    | 26.6 | 27.3 | 26.6 |
| Tidal volume/kg.[ml/kg]   | 4.4  | 4.6  | 4.4  |
| Inspiratory time .....[s] | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| Expiratory time .....[s]  | 0.51 | 0.48 | 0.52 |
| Ratio tI to tE .....      | 0.85 | 0.92 | 0.85 |
| tPTEF%tE(mean) .....[%]   | 43.1 | 41.5 | 49.9 |
| VPEF%tE(mean) .....[%]    | 41.0 | 40.0 | 47.5 |



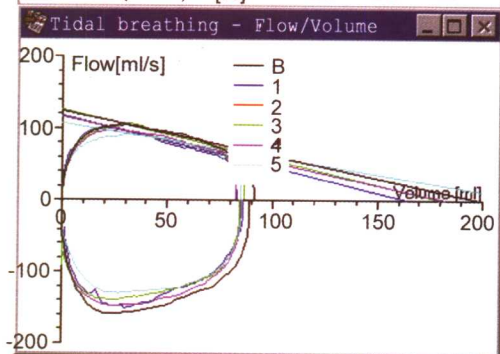
彩图 20-17 限制性通气的潮气呼吸图

|                          | Best | Act2 | Act4 |
|--------------------------|------|------|------|
| Tidal Volume.....[ml]    | 83.9 | 87.3 | 84.2 |
| Tidal volume/kg.[ml/kg]  | 8.0  | 8.3  | 8.0  |
| Inspiratory time.....[s] | 0.83 | 0.85 | 0.78 |
| Expiratory time.....[s]  | 1.12 | 1.17 | 1.13 |
| Ratio tI to tE.....      | 0.74 | 0.73 | 0.69 |
| tPTEF%tE(mean).....[%]   | 17.3 | 17.7 | 16.1 |
| VPEF%VE(mean).....[%]    | 19.1 | 20.0 | 18.1 |



A

|                          | Best | Act2 | Act4 |
|--------------------------|------|------|------|
| Tidal Volume .....[ml]   | 87.7 | 90.0 | 88.9 |
| Tidal volume/kg.[ml/kg]  | 8.3  | 8.6  | 8.5  |
| Inspiratory time.....[s] | 0.88 | 0.84 | 0.87 |
| Expiratory time.....[s]  | 1.10 | 1.06 | 1.12 |
| Ratio tI to tE.....      | 0.80 | 0.79 | 0.78 |
| tPTEF%tE(mean).....[%]   | 29.8 | 30.5 | 29.5 |
| VPEF%VE(mean).....[%]    | 30.2 | 29.4 | 31.1 |



B

彩图 20-18 肺炎患者的潮气呼吸图

A. 患病时; B. 治愈后