

中文翻译版

肺功能结果判读

Interpretation of Pulmonary Function Tests

A Practical Guide

原书第三版

Robert E. Hyatt

Paul D. Scanlon

Masao Nakamura

主编



科学出版社

www.sciencep.com

肺功能结果判读

Interpretation of Pulmonary Function Tests
A Practical Guide

原书第3版

Robert E. Hyatt

Paul D. Scanlon 主编

Masao Nakamura

陈良安 方向群 主译

科学出版社

北京

图字:01-2009-0188

内 容 简 介

本书既覆盖了临床肺功能检查最实用的内容,例如肺量测定、气道舒张和激发试验、弥散、气体交换、呼吸力学、通气分布,也覆盖了诸如手术前肺功能检查、运动试验及不同疾病肺功能异常变化等内容。本书以图表方式表达,简单易懂;后半部分的45个病例分析,有助于提高读者将一般原则应用于具体病例的能力,对日常工作非常有帮助。

本书适合呼吸内科医师阅读。

图书在版编目(CIP)数据

肺功能结果判读:原书第3版 / (美)海厄特(Hyatt, R. E.)等主编;陈良安等主译.—北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-021309-9

I. 肺… II. ①海…②陈… III. 肺-功能试验 IV. R332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第031656号

责任编辑:向小峰 黄 敏 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

本书中提到了一些药物的适应证、不良反应和剂量,它们可能需要根据实际情况调整。读者须仔细阅读药品包装盒内的使用说明书。

© 2009, 2003, 1997 by Mayo Foundation for Medical Education and Research.
Published by arrangement with Lippincott William & Wilkins Inc., U.S.A.
This book may not be sold outside the People's Republic of China.

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2009年1月第一次印刷 印张:9 1/2

印数:1—2 000 字数:203 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《肺功能结果判读》(原书第3版) 翻译人员

主 译 陈良安 方向群
译 者 (按姓氏笔画排序)
王 萍 方向群 朱华萍
齐 菲 陈良安 赵 微
徐淑风 崔俊昌 磨国鑫

前 言

《肺功能结果判读》前两版已为许多医务工作者认可,并引起了广泛的关注,达到了我们的目的。在第3版中,我们在第7章增加了一个章节,讨论强迫震荡技术在测定呼吸系统阻力中的应用,因为该技术近年来得到了比较普遍的应用。在第5章,我们增加了有关呼出气一氧化氮测定在哮喘中应用的相关内容。在第14章,我们介绍了美国胸科学会及欧洲呼吸病学会肺功能测试及结果解释标准化的相关指南。

Robert E. Hyatt, MD

Paul D. Scanlon, MD

Masao Nakamura, MD

致 谢

我们感谢 Patricia A. Muldrow 对本书的录入,感谢媒体支持服务部和法律系 Kathryn J. Dolan 的帮助。如果没有科技出版社 LeAnn Stee, Jane M. Craig, Kenna Atherton 和 Roberta Schwartz 的帮助,本书也难以面世。

缩略语表

$(A-a)DO_2$	肺泡动脉氧差
BMI	体重指数
CaO_2	动脉血氧含量
C _{ew}	胸壁顺应性
C _L	肺顺应性
C _{Ldyn}	肺动态顺应性
C _{Lstat}	肺静态顺应性
COHb	碳氧血红蛋白
COPD	慢性阻塞性肺疾病
C _{rs}	总顺应性
DL	肺弥散量
DL _{c.o}	肺一氧化碳弥散量
DL _{O₂}	肺氧弥散量
ERV	补呼气量
FEF ₂₅	呼出 25%肺活量时的用力呼气流量
FEF _{25~75}	呼出肺活量 25%~75%时的平均用力呼气流量
FEF ₅₀	呼出肺活量 50%时的用力呼气流量
FEF ₇₅	呼出肺活量 75%时的用力呼气流量
FEV ₁	第 1 秒用力呼气量
FEV ₆	第 6 秒用力呼气量
FEV ₁ /FVC	FEV ₁ 与 FVC 的比值
FIF ₅₀	肺活量 50%时的用力吸气流量
FIO ₂	吸入氧浓度
FRC	功能残气量
FV	流量-容积
FVC	用力呼气肺活量
Hb	血红蛋白
MetHb	高铁血红蛋白
MFSR	最大流量静态弹性曲线
MIF	最大吸气流量
MVV	最大通气量
PaCO ₂	动脉二氧化碳分压
Palv	肺泡内压

Pao	口腔内压
PaO ₂	动脉血氧分压
Patm	大气压
PCO ₂	二氧化碳分压
PEF	呼气峰流量
FE _{max}	最大呼气压
PI _{max}	最大吸气压
PO ₂	氧分压
Ppl	胸膜腔内压
Pst	肺静态弹性回缩压
PTLC	肺总量时肺弹性回缩压
Ptr	气管内压
P \bar{v} O ₂	混合静脉血氧分压
\dot{Q}	灌注
R	阻力
Raw	气道阻力
Rpulm	肺阻力
RV	残气量
SAD	小气道疾病
SBDL _{co}	一口气呼吸法测定 DL _{co}
SBN ₂	一口气呼吸法测试氮
SVC	慢肺活量
TLC	肺总量
\dot{V}	通气
V _A	肺泡容积
\dot{V}_A	肺泡通气量
\dot{V}_{CO_2}	二氧化碳生成量
\dot{V}_D	死腔量
\dot{V}_E	呼气流量
\dot{V}_{max}	最大呼气流量
\dot{V}_{O_2}	耗氧量
$\dot{V}_{O_2 max}$	最大耗氧量
\dot{V}/\dot{Q}	通气-灌注
VR	呼吸储备
VT	潮气量
VC	肺活量

目 录

前言

致谢

缩略语表

第 1 章 简介	1
第 2 章 肺量测定;动态肺容积	3
第 3 章 静态肺容积	16
第 4 章 肺弥散量	25
第 5 章 气道舒张及激发试验	30
第 6 章 动脉血气分析	37
第 7 章 其他肺力学测试;阻力和顺应性	44
第 8 章 通气分布	52
第 9 章 最大呼吸压	55
第 10 章 术前肺功能检查	59
第 11 章 简易运动能力试验	62
第 12 章 各种疾病的肺功能表现	66
第 13 章 肺功能检查项目的选择	71
第 14 章 解释肺功能检查结果的方法	77
第 15 章 实例分析	88
附录	137

第1章 简介

尽管肺功能测试能够提供重要的临床信息,但在目前应用还不广泛。肺功能测试用来鉴别和量化呼吸系统功能的缺陷与异常,并回答以下问题:患者肺功能损伤程度如何?是否存在气道阻塞?有多严重?支气管扩张剂是否有效?患者是否存在气体交换受损?氧气由肺泡向肺毛细血管血液弥散是否受损?治疗是否有效?手术危险性有多大?

肺功能测试还能为其他临床问题提供参考:患者呼吸困难是源于心功能障碍还是肺功能障碍?长期咳嗽患者是否患有隐匿性哮喘?患者肥胖是否影响其肺功能?患者呼吸困难是否源于呼吸肌无力?

单凭肺功能测试还不能确定例如肺纤维化和肺气肿等的临床诊断。如果可行,必须结合患者病史、体格检查、胸片、CT扫描以及相关实验室检查对测试结果进行综合评价,但某些测试可强烈提示某些特定状况的存在,例如纤维化。此外,与气管和大气道损害相关的流量-容积环常特征性地提示此类损害的存在,几乎可以据此做出诊断(见第2章)。

正如其他所有方法一样,肺功能测试存在其缺陷。某些测试的正常预期值存在变异,在一些研究中,变异性在一定程度上是由于将无症状吸烟者与非吸烟者混合,同视为“正常”人群。某些变异还涉及实验室、仪器和结果计算方法的不同。

本书假定测试能正确进行,并主要强调其临床重要性,但这并非贬低技术人员对于准确结果获取的重要性。心电图等方法对技术人员训练要求相对较低,一些新的心电图机甚至会检测出导联放错,患者只需安静躺下即可进行测试。与此形成鲜明对比的是,从事肺功能测试的技术人员要成为“能手”必须经过大量的训练。以肺量测定为例,技术人员必须告知患者尽全力呼吸,并学会辨别受试者是否尽全力呼吸。本文涉及的许多测试中患者是主动的参与者,其中多种测试与体育运动相关——一个恰当的类比。根据我们的经验,技术人员在成为肺量测定等常见测试的能手前需进行数星期的强化训练,可能的话,肺功能测试结果的判读者应亲自进行这些测试,亲身经历有助于他们很好地理解,在对通常是心怀恐惧的患者进行测试时,技术人员将面对怎样的挑战。

肺功能测试的主要问题在于检查不足。调查显示5%~20%的接受调查者存在不同程度的呼吸功能异常。慢性阻塞性肺疾病(COPD)是当前美国第四大死因,每年造成超过100 000人死亡,据估计,美国现在有1600万人患有COPD,并且常在晚期才得以诊断,在目前大量病例中仍然未对肺部疾病进行检查。如果我们想积极治疗COPD,必须尽早做出检查。图1-1显示典型COPD的进展情况,当呼吸困难出现时,气道阻塞已发展到中等程度,而肺量测定能够在COPD呼吸困难出现前5~10年检测到气道阻塞。

然而很少有医生常规安排吸烟患者或轻中度呼吸困难患者进行肺功能测试。对于呼吸困难患者,通常先进行血压测定、胸片、心电图检查,我们甚至发现有患者在冠状动脉造影后才进行肺功能检查,从而明确了其呼吸困难的真正原因。

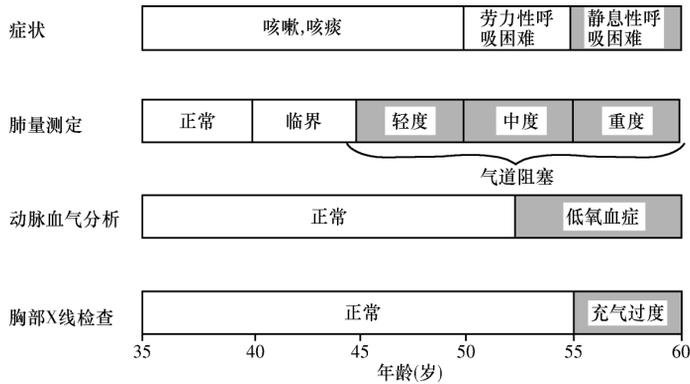


图 1-1 慢性阻塞性肺疾病(COPD)症状的典型进展。只有肺量测定才能在呼吸困难出现前数年发现 COPD(摘自 PL Enright, RE Hyatt. 门诊肺量测定:肺量计选择及使用的实用指南. 费城: Lea 和 Febig, 1987. 征得梅奥基金会许可)

为何肺功能测试的应用如此之少? 在我们的印象中,许多临床医生对测试结果进行判读时有一定的困难,他们不太知道测试了哪些指标,有什么意义,因此也不安排测试。遗憾的是,医学院和住院医师培训对肺功能部分的训练投入的时间很少,而且通过参考肺生理学和肺功能教材也很难具体了解肺功能测试的临床实际应用。

我们撰写本书的唯一目的和理由是让肺功能测试易于被使用者理解,并着眼于大多数常见测试的基本临床应用,而这些常见测试往往也是最重要的。那些有趣但更复杂,且临床重要性有限的方法则留给标准生理学教材去讨论。

(齐菲 陈良安译)

第2章 肺量测定:动态肺容积

肺量测定用于衡量在用力呼吸过程中肺容积的变化。最常见的测试方法是用力肺活量(FVC)测定,患者最大吸气,然后尽快完全呼出。FVC测定是本书中所有测定方法中最重要的一种,肺功能测试所获得信息的大部分是由FVC提供的,读者应对此方法有深入的了解。

2A. 肺量图和流量-容积曲线

两种记录FVC测定结果的方法见图2-1。图2-1A显示的是有关4L FVC时间进程的典型肺量图,患者向肺量计中呼气,呼气量被记录下来,然后相对于时间作图,即图中实线。由该曲线可以得到两个最常见的测定指标即第1秒用力呼气量(FEV_1)和25%~75%用力呼气流量(FEF_{25-75})。本章后文将对这两个指标进行讨论。

FVC测定还可被绘制为流量-容积(FV)曲线,如图2-1B所示。患者通过流量计再次向肺量计中用力呼气,流量计测出患者呼气的流量(以L/s为单位),将气体容积和呼出该容积气体的流量(流量以L/s为单位)绘制成FV曲线。本章后文将对该曲线中得到的常见指标进行讨论。

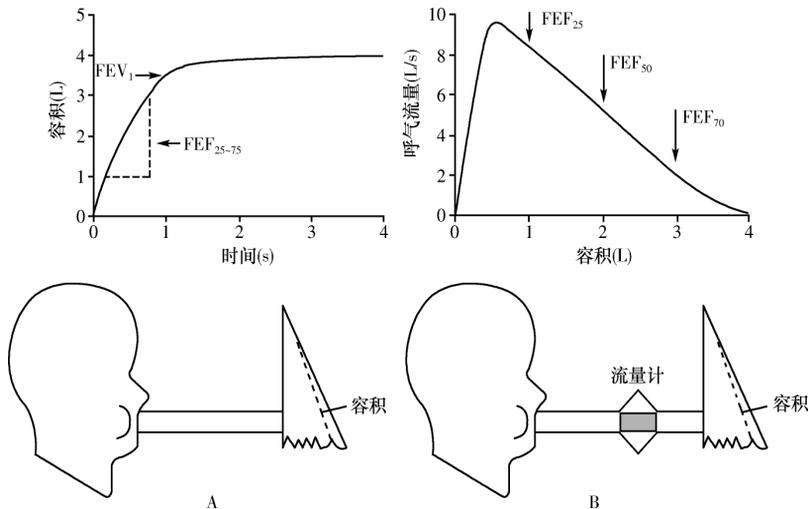


图2-1 用力肺活量(FVC)测定的两种记录方法。A. 肺量相对于时间作图。 FEV_1 ,第1秒用力呼气量; FEF_{25-75} ,呼出肺活量中间50%的平均用力呼气流量。B. 流量-容积曲线,相对于呼出气量记录流量。 $FEF_{25(50,75)}$,呼出肺活量25%(50%,75%)时的用力呼气流量

两条曲线反映相同的数据,患者向流量计或肺量计呼气,通过计算能够很快绘制出这两条曲线,图 2-1 中的所有指标也能很快被计算出来。通过流量计算能够得到容积,而容积又可相对于时间作图,反之,将容积按照时间计算又能够得到流量。根据我们的经验,FV 曲线(图 2-1B)更容易被理解,也能提供最多的信息,因此我们几乎只使用这种表示方法。

备注:

解释测试过程及辅导患者正确完成测定是非常重要的。呼气必须在最大吸气后进行,开始呼气时应尽快、尽全力,直到没有气体可以呼出。后文图 2-6 显示了所谓“好”和“坏”的测定表现。

2B. 用力肺活量测定的价值

FVC 测定是肺功能测试中最重要的一种,这是因为任何个体在呼气过程中,在任一肺容积处所能达到的最大流量有一个特定上限。适度呼气即可达到这一上限,增大呼气力量并不能增加流量,参照图 2-1B 中正常受试者 FVC 测定的 FV 曲线最高点。一旦达到最大流量,曲线剩余部分则表示在任一肺容积处所能达到的最大流量,因此以呼出肺活量 50%时的用力呼气流量(FEF_{50})为例,不管受试者如何用力,流量都不会超过 5.2L/s。请注意,随着越来越多的气体被呼出(即肺容积减少),所能达到的最大流量也随之有规律地下降,直到达到残气容积(4L),此时不能再呼出气体。FVC 测定非常有用,因为当 FVC 的 10%~15%被呼出后,在任一肺容积处的最大呼气流速都有一个上限,每个个体都有一个独特的最大呼气 FV 曲线。由于这一曲线描述的是流量上限,因此曲线对于给定受试者具有很高的可重复性,最重要的是,最大流量对于大多数常见肺相关疾病非常敏感。

在这里不对流量限制的物理学和空气动力学原理进行解释,但对图 2-2 中的简单肺部模型应有所了解。肺(a)位于胸腔(b)内,后者容积可通过活塞(c)改变,肺内气体通过气管(d)排出胸腔。肺有弹性,以弹簧(e)表示,肺的弹性是肺排出气体的主要驱动因素,也是保持支气管(f)开放的主要因素。

图 2-2A 显示肺在用力呼气前处于完全扩张状态,图 2-2B 显示用力呼吸过程中的肺。随着肺容积减少,气道的动态压缩在气管中产生了一个临界性狭窄点,从而造成流量限制。肺容积随呼气而进一步减少,该点逐渐向远端的支气管部位迁移。这一模型中,在任一给定肺容积处的最大呼气流量取决于三个因素:驱动气流并保持气道开放的肺弹性(e);气道大小(f);气道对气流的阻力。

FVC 测定的重要价值在于它对改变肺力学特征的疾病非常敏感:

1. 肺气肿时,肺组织损失(肺泡受损),肺弹性降低,气道缩窄,气道阻力增大。这两者都导致最大流量的降低。
2. 慢性支气管炎时,气道黏膜增厚与稠厚分泌物均能导致气道缩窄,气道阻力增大,最大流量降低。
3. 哮喘时,支气管收缩与黏膜炎症、水肿会引起气道缩窄,进而增大气道阻力,降低最大流量。

4. 肺纤维化时,组织弹性增大会引起气道扩张,使最大流量增大,尽管此时肺容积是降低的。

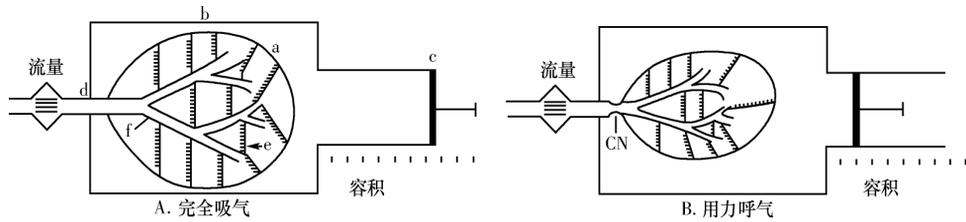


图 2-2 单肺完全扩张(A)与用力呼气(B)模型。肺(a)位于胸腔(b)内,后者容积可通过活塞(c)改变。肺内气体通过气管(d)排出胸腔。肺具有弹性,以弹簧(e)表示,肺的弹性驱动肺排出气体,还使支气管(f)保持开放。FVC 测定过程中的临界性狭窄点即 CN

2C. 正常值

本书中讨论的测试方法都有用来预计其正常值的表格与公式。最佳值来自于非吸烟正常受试者。影响预期值的重要变量包括受试者体型、性别与年龄。某些种族的受试者,例如非裔美国人和亚洲人需要参考种族特异性的预期值。身高是衡量体型的最好指标,受试者越高,肺和气道越大,最大流量也越高。女性的肺小于同一身高的男性。随着衰老,肺逐渐丧失弹性,因此气道更小,流量更慢。但必须牢记预期值存在其固有的变异性(如统计学钟形正态分布曲线所示),很难确定受试者的值在正态分布曲线上属于哪一点。例如肺病患者可能具有超出平均值的肺容积和流量,因此尽管其肺容积和流量相对于基线降低,但仍可以在正常人预期值范围内。

备注:

为什么不能用身高估算脊柱后侧凸受试者的正常值? 这是因为这类受试者身高降低,会导致其正常肺容积和流量被低估。在参考公式中应该用患者的两臂伸展距离代替身高。在 40 岁的脊柱后侧凸男性,按照 147cm 身高预计其肺活量为 2.78L,但正确预期值应根据两臂伸展距离计算,为 5.18 L——相差 54%,这一点同样适用于流量预计值。

2D. 用力肺活量

用力呼气肺活量是指在用力呼气时所能呼出的气体的体积;在图 2-1 中 FVC 为 4.0L。许多肺部异常情况会导致 FVC 降低。

备注:

根据我们的了解,只有肢端肥大症才会引起 FVC 异常增大,肢端肥大症其他肺功能测试结果往往正常。由于肢端肥大症患者上呼吸道软组织肥大,发生阻塞性睡眠呼吸暂停的风险通常更高。

图 2-3 示 FVC 减少原因的合理解释:

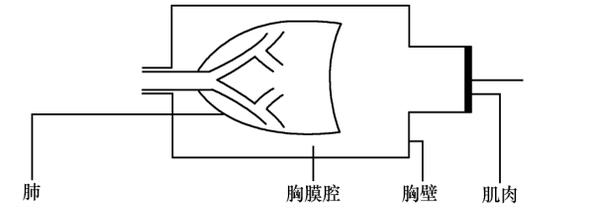
1. 问题可能在于肺本身。患者可能接受过切除手术或存在萎陷区域。许多其他情况也能造成肺扩张性降低,例如肺纤维化、充血性心力衰竭、胸膜增厚。阻塞性肺疾病也

能由于限制性通气障碍引起 FVC 降低(图 2-3)。

2. 有时可能由于胸膜腔病变,例如心脏扩大、胸水或肿瘤侵入肺部。

3. 另一种可能性是由于胸壁的限制。如果胸壁(包括其位于腹部的部分)活动受限,肺不能正常扩张或收缩。

4. 肺的扩张与收缩要求呼吸肌功能正常,主要是膈肌、肋间肌和腹肌。



切除术(肺叶切除, 全肺切除)	渗液	硬皮病	神经肌肉疾病
肺不张	心脏扩大	腹水	陈旧性脊髓灰质炎
肺纤维化	肿瘤	妊娠	膈肌麻痹
CHF——血管充血、水肿		肥胖	
胸膜增厚		脊柱后侧凸	
肿瘤		疼痛引起的肌肉僵直	
气道阻塞——哮喘、慢性支气管炎			
肺气肿			

图 2-3 引起 FVC 受限的各种情况。CHF, 充血性心力衰竭

上述四种可能性(肺、胸膜、胸壁、肌肉)通常会导致 FVC 降低,当然也可能多种情况同时存在,例如心力衰竭心脏扩大伴随肺淤血和胸腔积液。应该记住 FVC 是尽全力快速呼气时的肺活量,在较低流量时测得的肺活量可能更大;第 3 章将对这一情况进行讨论。

判读肺功能测试时常使用两个术语。一个是阻塞性病变,是指肺疾病引起最大呼气流量降低,从而使肺不能快速呼出气体,肺气肿、慢性支气管炎和哮喘等疾病常引起阻塞性病变,阻塞性病变有时也时常伴有 FVC 降低。另一个是限制性病变,是指图 2-3 中除引起阻塞性病变的疾病以外,其他任何疾病所引起的肺容积降低,此处即指 FVC 降低。

注意:

在限制性病变中,肺总量较正常减小(见第 3 章)。

本章前文已强调大多数肺力学改变会导致最大呼气流量降低。气道阻塞所引起的呼气流量降低是慢性支气管炎、肺气肿和哮喘的特点,下面将讨论呼气阻塞的常见测试指标。

2E. 第 1 秒用力呼气量

FEV₁ 是重复性最好、最常得到的测试指标,也可能是最有用的指标。FEV₁ 是指在 FVC 测定中第 1 秒内呼出的气量。与 FVC 一样,FEV₁ 的正常值取决于患者体型、年龄、

性别和种族。图 2-4A 和 B 显示两个正常受试者得到的 FVC 和 FEV_1 , 体型较大者(A) FVC 和 FEV_1 也较大。

当气道阻塞引起流量减慢时,例如肺气肿, FEV_1 也随之降低,降低程度反映了疾病的严重性,FVC 通常也降低,但降低程度不及 FEV_1 。图 2-4C 显示严重的阻塞。从肺量图上很容易直接看出第 1 秒气量(FEV_1),在 FV 曲线上可以做出 1 秒记号以识别 FEV_1 ,如图所示。呼气减慢或阻塞的常见原因包括慢性支气管炎、肺气肿和哮喘。

在图 2-4D 中, FEV_1 的降低由限制性病变引起,例如肺纤维化。于是,自然会有这样的问题: FEV_1 降低的原因是气道阻塞还是限制性病变? 后文将对这一问题进行讨论。

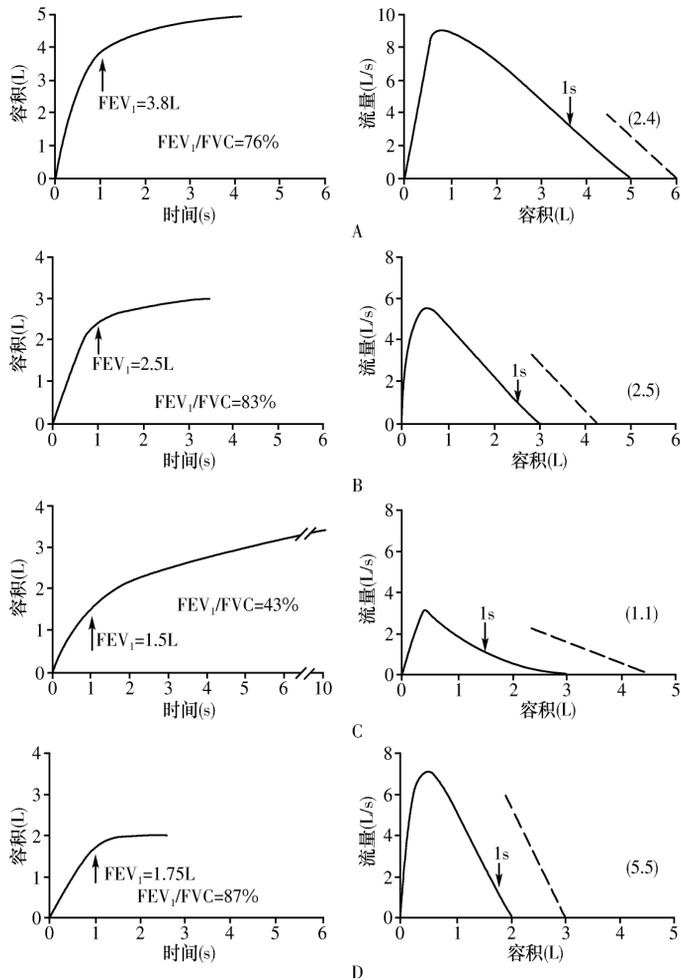


图 2-4 用力呼气时的典型肺量图和流量-容积曲线。A 和 B 分别来自不同体型的正常受试者,C 来自严重气道阻塞患者,D 显示的是肺阻塞性病变的典型曲线,箭头表示第 1 秒用力呼气量(FEV_1)。图中还显示了 FEV_1/FVC 和流量-容积曲线的斜率(虚线)

2F. FEV₁/FVC 值

FEV₁/FVC 值常以百分比表示。第 1 秒内呼出的气量在 FVC 中所占比例相当恒定,而与肺的大小无关。在正常成年人,这一比值范围在 75%~85%,但随着衰老而有所降低。儿童的流量相对于其体型来说是较高的,因此这一比值在儿童更高,可达 90%。

该比值具有两方面的重要性。首先,在 FVC 减少的受试者中可以根据该比值很快辨别出气道阻塞的受试者,例如在图 2-4C 中,FEV₁/FVC 低至 43%,提示 FVC 降低由气道阻塞引起,而不是源自肺限制性病变。其次,FEV₁/FVC 值对于鉴别 FEV₁ 降低原因很有价值。在肺限制性病变中(不伴有阻塞),FEV₁ 和 FVC 成比例降低,因此比值仍在正常范围内,例如图 2-4D 所示肺纤维化,此时比值为 87%。事实上在某些肺纤维化病例中,由于肺的弹性回缩增强,这一比值可能会更高。

因此,关于判断 FEV₁ 降低是由气道阻塞还是由限制性病变引起的问题,答案是检查 FEV₁/FVC 值。FEV₁ 降低而比值正常提示限制性病变,FEV₁ 和比值均降低则提示阻塞性病变。

严重阻塞性肺疾病患者在用力呼气末期,流量可能会非常缓慢,几乎不能察觉,继续用力呼气会让患者非常疲劳与不适。为避免患者疲劳,在进行上述比值计算时可以用 6 秒内呼出的气量 FEV₆ 来替代 FVC。

备注:

观察 FV 曲线,如能观察到明显内凹,如图 2-4C 所示,则提示存在阻塞性病变。此外,观察 FV 曲线的斜率,即平均流速变化除以流量变化,正常受试者斜率约 2.5(2.5L/s),正常范围约 2.0~3.0。气道阻塞患者(图 2-4C)斜率降低至 1.1,肺纤维化患者(图 2-4D)斜率正常或增大至 5.5。应对整条曲线进行仔细分析。

注意:

FEV₁ 降低、FEV₁/FVC 值正常通常提示限制性病变,但某些 FEV₁ 降低、FEV₁/FVC 值正常的患者,其肺总量同样正常,因此不属于显著限制性病变,这种情况称为“非特异性通气受限”。

2G. 最大呼气流量的其他测定指标

图 2-5 显示最大呼气流量的其他常见测定指标,在阻塞性疾病中这些指标均降低。

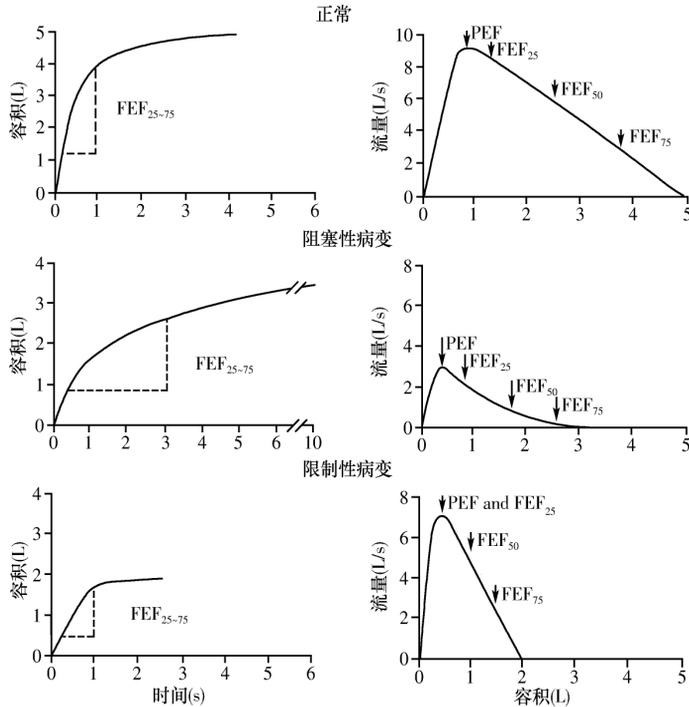
FEF_{25~75} 是呼出肺活量中间 50% 的平均用力呼气流量,可直接由肺量图得到,也可通过微处理器由 FV 曲线得到。某些学者认为 FEF_{25~75} 在检测早期气道阻塞方面比 FEF₁ 更敏感,但其正常值范围更宽。

FEF₅₀ 是呼出肺活量 50% 时的用力呼气流量,FEF₇₅ 是呼出肺活量 75% 时的用力呼气流量。

呼气峰流量(PEF)也称为最大呼气流量,于呼气开始后测得,以 L/min 或 L/s 为单位。与其他指标相比,PEF 更依赖于患者的表现——患者从一开始就必须尽全力呼气,

才能获得重复性较好的数据。但要获得重复性较好的结果,技术人员也必须经过反复实践。便宜的便携式设备使患者能够在家里测定自己的 PEF,监测自身情况,对于哮喘患者尤其有价值。

如图 2-5 所示,在单纯的限制性病变中,这些指标如同 FEV₁ 一样降低,此时必须再对 FV 曲线和 FEV₁/FVC 值进行分析。



	FEV ₂₅₋₇₅ (L/s)	PEF (L/s)	FEV ₅₀ (L/s)	FEV ₇₅ (L/s)
正常	3.12	9.0	5.8	3.0
阻塞性病变	0.67	3.0	0.9	0.4
限制性病变	1.33	7.0	4.8	2.4

图 2-5 正常、阻塞性病变与限制性病变这三种典型情况下最大呼气流量的其他测定指标。呼出肺量中间 50% 的平均用力呼气流量 (FEV₂₅₋₇₅) 是通过测定呼出 FVC 中间部分气量,并除以呼出这部分气量所需时间得到的。FEV₂₅,呼出肺量 25% 时的用力呼气流量;FEV₅₀,呼出肺量 50% 时的用力呼气流量;FEV₇₅,呼出肺量 75% 时的用力呼气流量。PEF,呼气峰流量

2H. 怎样通过流量-容积曲线评估患者表现

虽然本书不准备考虑测试表现(假定结果准确),但 FVC 测定必须正确进行。通常可通过 FV 曲线对患者表现进行判断。在少数时候,曲线不理想可能是由肌无力等隐匿性问题引起的。

在图 2-6 中,将较好的曲线(A)与不合格表现或需要重复测定的表现进行对比。较好的曲线的三个特征是:①曲线快速上升至峰流量(a);②曲线上流量呈平滑的持续下降(b);③曲线在 $0 \sim 0.1 \text{ L/s}$ 流量范围以内终止,或理想地刚好在 0 流量处终止。图 2-6 中其他曲线至少不符合上述特征中的一条。

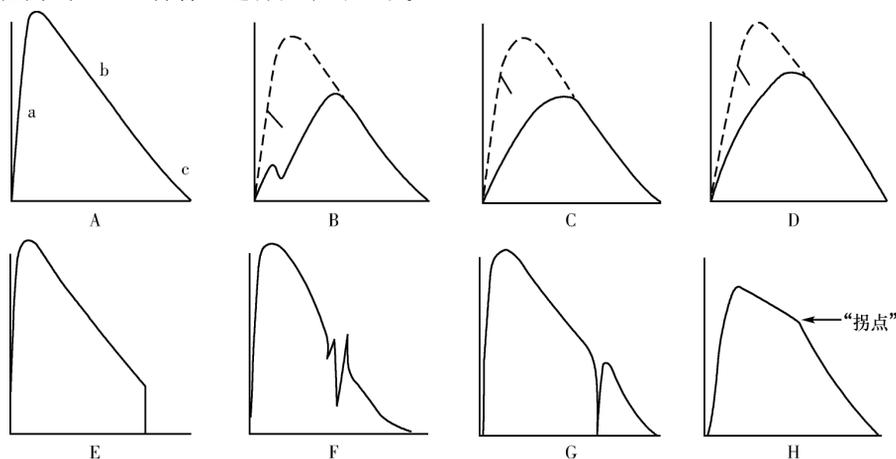


图 2-6 较好的和不合格的 FVC 测定表现举例。A. 较好的:a,快速上升至峰流量;b,流量持续下降;c,在 $0 \sim 0.1 \text{ L/s}$ 流量处终止。B. 开始时犹豫导致曲线不合格。C. 患者在呼气开始时没有尽全力;需要重新测定。D. 这样的曲线几乎都表示患者在呼气开始时未尽全力,但在少数情况下,它是可重现的和有效的,尤其是在不吸烟年轻女性中,称为“彩虹曲线”,也见于儿童、神经肌肉病患者或测试中未尽力的受试者。在 B、C 和 D 中,虚线表示预期曲线;箭头表示由于患者测试不满意而造成的流量降低。E. 曲线显示受试者开始时表现较好,但过早停止;需要重新测定。在少数情况下,这样的曲线可以重复,对于某些不吸烟年轻受试者是正常的。F. 第 1 秒内咳嗽会降低 FEV_1 ;需要重新测定。G. 受试者暂停呼气;需要重新测定。H. 这条带“拐点”的曲线是非吸烟者尤其是非吸烟年轻女性中常见的正常变异形式

还有一条重要标准是曲线的重复性。理想情况下两条曲线都应表现出上述三个特征,并且峰流量的差别不超过 10%,FVC 和 FEV_1 的差别不超过 200ml 或 5%,技术人员应协助患者以达到这些标准。医生必须对所选曲线的轮廓特征进行检查,如果结果不能令人满意,应重新测定以便数据能真实反映患者肺功能特征。

2I. 最大通气量

可以说最大通气量(MVV)测定就像是进行一项体育运动。受试者被指导尽力尽快呼吸 $10 \sim 15$ 秒,将测定结果外推至 60 秒,以 L/min 为单位。测定的结果可能会受患者学习测定接受程度的影响,但熟练的技术人员常能避免这一问题。

阻塞性疾病、限制性疾病、神经肌肉病、心脏病患者、未尽力或未领会的患者、虚弱患者等均可能出现 MVV 降低,因此该测定是非特异性的,但又与患者运动能力和呼吸困难程度密切相关。MVV 还可用于评价患者对某些大手术的承受能力(见第 10 章)。

备注:

在对正常受试者进行的良好 MVV 测定过程中,MVV 约为 FEV_1 的 40 倍,如果 FEV_1 为

3.0L, MVV 应为 120L/min 左右(40×3)。根据经验,我们将预期 MVV 下限保守设定为 FEV_1 的 30 倍。例如:患者 FEV_1 是 2.5L, MVV 是 65L/min, $FEV_1 \times 30$ 值为 75L/min, 因此根据 MVV 65L/min 应怀疑患者未尽力、未领会或疲劳。造成 MVV 低于预期下限的两种重要病理学原因是:大气道阻塞性病变和呼吸肌无力。MVV 大大超出 $FEV_1 \times 30$ 的值可能表示患者在 FEV_1 测定时未尽力。但在晚期阻塞性肺疾病患者,根据乘积进行评价的作用有限,因为在这种情况下 MVV 有时会超过根据 FEV_1 得到的预期值。

备注:

某些大气道病变引起 MVV 相对于 FEV_1 不成比例地降低,也见于肌无力患者,例如神经肌肉病患者(肌萎缩性侧索硬化症、重症肌无力、多发性肌炎等)。因此,当 MVV 相对于 FEV_1 不成比例地降低时,应考虑到上述情况。

2J. 最大吸气流量

用肺量计测定系统测定呼气和吸气流量,可得到最大吸气流量(MIF)。常见方法见图 2-7A,患者尽全力呼气(FVC 测定),然后立即尽力尽快吸气,得到一条吸气曲线。呼气和吸气的 FV 曲线共同构成 FV 环。气道阻力增大使最大呼气流量和最大吸气流量均降低,但与呼气时最大流量会有上限不同,吸气时没有动态压缩等机制限制 MIF,因此 MIF 非常依赖于患者的用力程度。

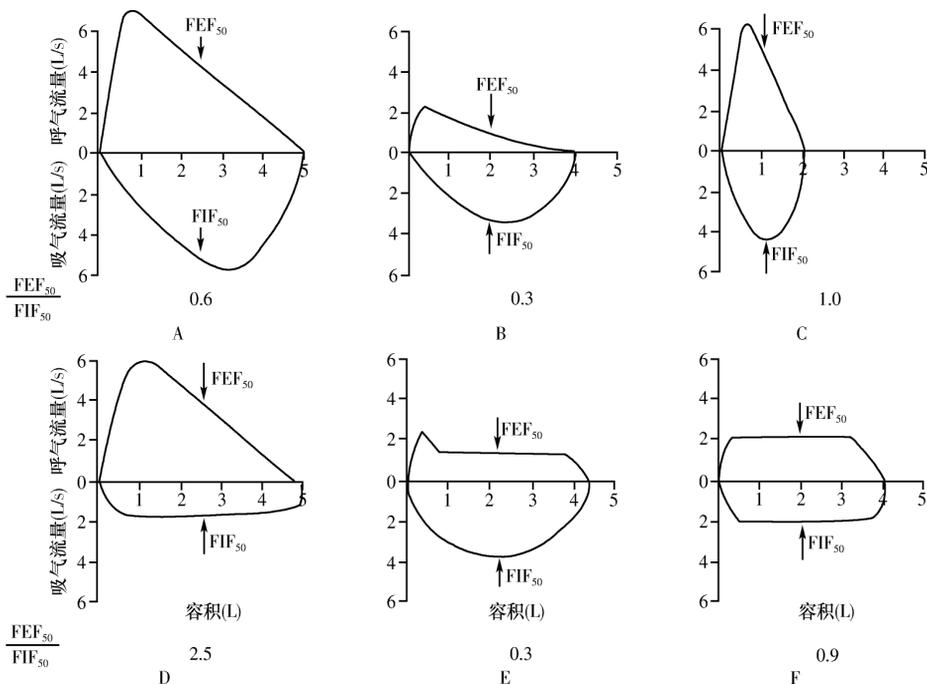


图 2-7 典型的流量-容积环(A~C)与大气道病变的常见流量-容积环(D~F)比较。FEV₅₀, 呼出肺活量 50% 时的用力呼气流量; FIF₅₀, 在 FEV₅₀ 同一容积处测得的用力吸气流量。A. 正常; B. 阻塞性病变; C. 限制性病变; D. 胸腔外可变病变; E. 胸腔内可变病变; F. 固定病变

由于以上原因, MIF 测定并未广泛开展, MIF 对接受肺功能测试的一般患者意义不大, 其主要价值在于检测大气道病变。

2K. 大气道阻塞性病变

累及大气道(气管隆突到口咽)的阻塞性病变相对少见, 一旦存在, 常常可通过 FV 环变化被检测出来, 这是非常重要的诊断依据。

通过 FV 环识别这类病变取决于两个特征。一个是快速呼吸和吸气过程中病变的行为。病变是否会造成气道缩窄并显著降低吸气相与呼气相流量两者之一? 如果答案是肯定的, 则把病变归为可变的。如果病变造成气道缩窄并同等降低吸气与呼气两相的流量, 则把病变归为固定的。另一特征是病变定位——是在胸腔外(胸廓出口以上)还是在胸腔内(以气管隆突为上限并包括气管隆突)?

图 2-7 显示正常受试者(图 2-7A)和不同疾病状态下(图 2-7B 和 C)的典型 FV 环, 以及大气道病变引起的三种常见 FV 环(图 2-7D~F)。决定大气道病变曲线特征性轮廓的因素是用力呼吸过程中气道内压与气道外压的关系。

用力呼气时, 在胸腔内, 气管内压(P_{tr})低于周围的胸膜腔内压(P_{pl}), 使气道正常收缩, 在胸腔外, 气管内压(P_{tr})高于周围的大气压(P_{atm}), 使这部分气道保持扩张状态。用力吸气时, 在胸腔外, 气管内压(P_{tr})低于周围的大气压(P_{atm}), 使这部分气道收缩, 而在胸腔内, 同为负压的胸膜腔内压(P_{pl})较之气管内压(P_{tr})更低, 使这部分气道扩张。在可变病变中, 气道大小变化会非常显著。

图 2-7D 显示胸腔外气管可变病变(例如声带麻痹与游移)的 FV 环, 图 2-8(左)模型对其进行了说明。呼气时, 气管内压(P_{tr})高于病变声带外部的大气压(P_{atm}), 保持声带扩张, 因而病变对呼气流量影响不大。但在吸气时, 由于大气压大大超过气管内压(P_{tr}), 引起声带显著收缩, FV 环上的吸气流量显著下降。

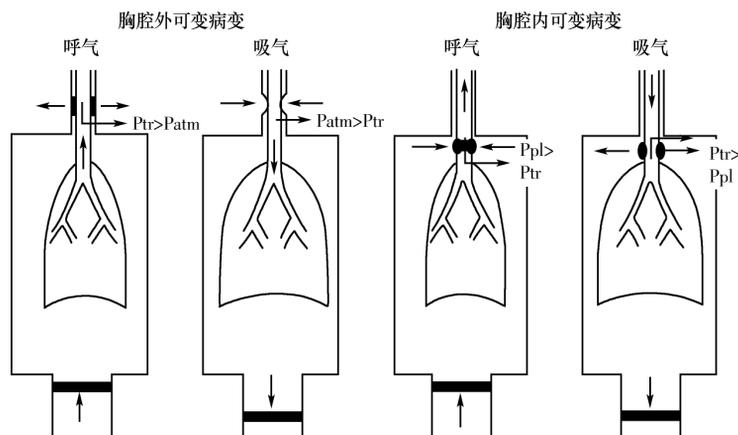


图 2-8 大气道可变病变的病理生理学模型。 P_{atm} 为作用于胸腔外气管的大气压; P_{pl} 是作用于胸腔内气管的胸膜腔内压; P_{tr} 是横向作用的气管内压

图 2-8(右)模型对图 2-7E 胸腔内可变病变(例如气管压迫性恶性肿瘤)进行了说明。用力呼气时,胸膜腔内压(P_{pl})高于气管内压(P_{tr}),使气道显著收缩,FV 环上的呼气流量持续显著降低,而吸气时胸膜腔内压(P_{pl})较之气管内压(P_{tr})更负,使病变处扩张,因此病变对吸气流量影响不大。

图 2-7F 显示固定的孔状病变的特征性 FV 环。这类病变——气管环状肿瘤或固定的缩窄性声带麻痹——对呼气流量和吸气流量的影响程度几乎是均等的。病变定位并不重要,因为病变大小不会随气道内压与气道外压改变。

多项指标被用于描述大气道固定病变的特征。图 2-7 显示在 50%肺活量处呼气流量与吸气流量的比值(FEF_{50}/FIF_{50})。在胸腔外气管的可变病变中,这一比值变化最为显著(图 2-7D),而在其他病变中该比值是非特异性的。许多病变的特征性 FV 环轮廓是其主要的诊断性特征。一旦怀疑大气道病变的存在,应采用内镜直接观察或放射影像法进行确诊。

注意:

某些病变主要是可变的或固定的,但并非完全是,即两者兼而有之,但其 FV 环异常往往有提示意义。

与图 2-7D~F 中病变相对应的肺量图未显示,因为肺量图对于这类病变的检测不及 FV 环有价值。表 2-1 列出了可出现异常 FV 环的某些临床情况。

表 2-1 通过流量-容积环检测出的大气道病变举例

胸腔外可变病变
声带麻痹(由甲状腺手术、肿瘤侵袭喉返神经、灰质后肌萎缩性侧索硬化症引起)
声门下狭窄(主要由肺或乳腺原发肿瘤转移至下咽或气管引起)
甲状腺肿
胸腔内可变病变
低位气管肿瘤(胸骨颈静脉切迹以下)
气管软化
气管狭窄
韦格纳肉芽肿病或复发性多软骨炎
固定病变
中央气道固定肿瘤(任何水平)
声带麻痹伴固定狭窄
纤维变性狭窄

备注:

如果仅 MVV 显著降低而 FVC、 FEV_1 、 $FEF_{25\sim75}$ 正常,应强烈怀疑大气道阻塞。此时应做用力吸气肺活量环,但并非所有实验室都常规做吸气环。还应询问技术人员 MVV 测定过程中是否闻及喘鸣——通常答案是肯定的。在笔者医院的大部分这类病例中,技术人员发现难以解释原因的 MVV 降低,可闻及喘鸣,就做吸气环,从而对这类病变进行识别与诊断。另一种考虑是患者是否患有神经肌肉障碍,这将在后文进行讨论。

2L. 小气道疾病

由于小气道疾病(SAD)这一术语已经被采用,但并未得到确切证实,且应用有限,因

此在这里仅做简要讨论。

SAD 概念的实用性基于以下两方面考虑:首先,通常的慢性阻塞性肺疾病(COPD)开始于小外周气道(直径 $<2\text{mm}$)。其次,要有能够检测出早期 SAD 的特殊肺功能测试方法。

就前者而言,是否能通过外周气道疾病预后 COPD 还不确定。后者则导致了多种测试方法的开发,使其能够特异地指示小气道功能障,但还没有哪种方法被证明是特别有价值的。最大呼气流量密度依赖性测定和频率依赖性肺顺应性测定等方法难以实施,特异性也相对不高(此处不做讨论,第 8 章将讨论现已应用甚少的闭合气量测定与比较有用的 III 期斜率测定)。能够反映外周气道功能的数据是 FVC 测定过程中,在低肺容积处测得的流量,包括 $\text{FEF}_{25\sim75}$ 、 FEF_{50} 和 FEF_{75} (图 2-5),但其正常值范围较大。

2M. 肺量测定的典型形式

肺量测定的典型形式见表 2-2。由于在大气道病变中测定结果是非特异性的,因此意义不大,大气道病变时最具诊断价值的测定指标是完整 FV 环轮廓。

表 2-2 典型病变形式

测定指标	阻塞性病变	限制性病变
FVC (L)	N 至 ↓	↓
FEV_1 (L)	↓	↓
FEV_1/FVC (%)	N 至 ↓	N 至 ↑
$\text{FEF}_{25\sim75}$ (L/s)	↓	N 至 ↓
PEF (L/s)	↓	N 至 ↓
FEF_{50} (L/s)	↓	N 至 ↓
FV 曲线斜率	↓	↑
MVV (L/min)	↓	N 至 ↓

$\text{FEF}_{25\sim75}$, 呼出肺活量中间 50% 的平均用力呼气流量; FEF_{50} , 呼出肺活量 50% 时的用力呼气流量; FEV_1 , 第 1 秒用力呼气量; FV, 流量-容积; FVC, 用力呼气肺活量; N, 正常; PEF, 呼气峰流量; ↓, 降低; ↑, 增大。

评论:

1. 如怀疑限制性病变的原因是肺纤维化,应进一步测定弥散功能(见第 4 章)和肺总量(见第 3 章)。
2. 如怀疑限制性病变的原因是肌无力,应进一步测定最大吸气压(见第 9 章)。
3. 要评价肺气肿的程度,应进一步测定肺总量和弥散功能(见第 3 章和第 4 章)。
4. 如怀疑存在哮喘,应在支气管扩张药治疗后再次测定(见第 5 章)。

2N. 根据曲线形态分析

曲线形态分析非常有用,它直观地比较受试者 FV 曲线与正常预期曲线(见第 14 章),而不是仅仅记住表 2-2 那样的病变形式。

在图 2-9A 中,虚线是受试者的正常预期 FV 曲线,这条曲线在很大程度上可以被视为受试者所能达到的最大呼气流量和容积。换言之,它表明了通气的力学限制,所有的呼

气流量通常都在该曲线上或曲线以下(即曲线下方区域内)。

假定具有图 2-9A 正常预期曲线的患者发生了慢性阻塞性肺疾病(COPD),曲线将演变为图 2-9B 所示。首先,受试者曲线缺失了很大一部分正常区域(阴影区域),只能在实测曲线下方的缩小区域内呼吸,很明显,受试者通气严重受限。凹形 FV 曲线和斜率降低提示阻塞性病变,即便还没有看右边的数值,也能确定 FVC 和 PEF,以及 FEV_1 、 FEV_1/FVC 比值、 $FEF_{25\sim75}$ 、 FEF_{50} 降低。由于 MVV 被限制在这一缩小区域,可确定 MVV 也是降低的。图中数据证实了这一推断。

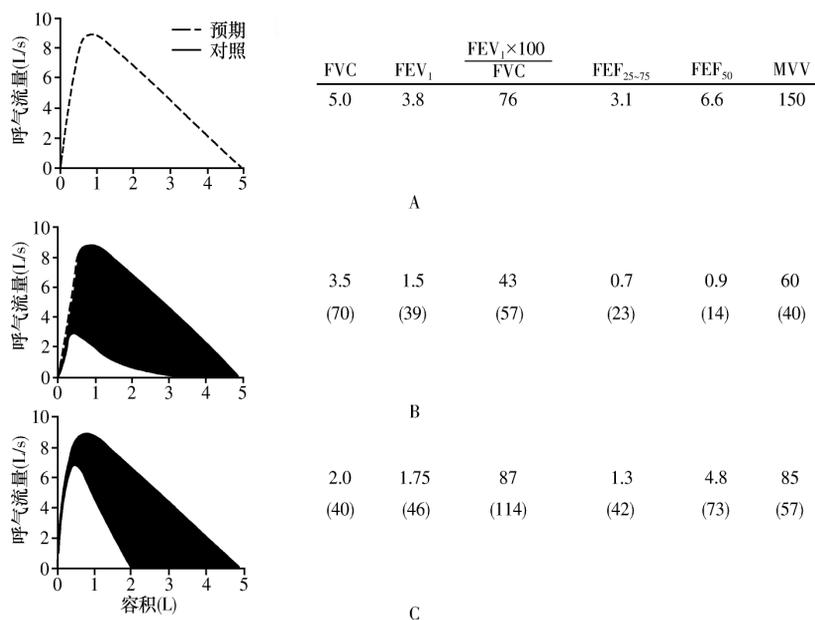


图 2-9 根据预期和实测的流量-容积曲线,对比曲线判定结果。预期曲线和实测曲线之间的阴影区域(B 和 C)为肺通气受限程度提供了一个直观的指标,而在 A 中的正常受试者则没有这一阴影区域。B 是典型的严重气道阻塞。C 是典型的严重肺限制性病变。 $FEF_{25\sim75}$,呼出肺活量中间 50%的平均用力呼气流量; FEF_{50} ,呼出肺活量 50%时的用力呼气流量; FEV_1 ,第 1 秒用力呼气量;FVC,用力肺活量;MVV,最大通气量

图 2-9C 为肺间质纤维化患者。由曲线可看出受试者缺失了很大一部分正常区域,提示中重度通气受限。FV 曲线斜率变陡且 FVC 降低与限制性病变相符。还可确定 FEV_1 降低而 FEV_1/FVC 值正常,流量($FEF_{25\sim75}$ 和 FEF_{50})正常或降低。虽然容积受限,但由于仍能达到较高的呼气流量,因此 MVV 情况比图 2-9B 中要好。数据证实了以上结论。

曲线形态分析是初步分析肺功能数据时非常有用的方法。通气受限程度可通过正常预期 FV 曲线下方的缺失面积反映,即图 2-9B 和 C 中的阴影区域。我们粗略地将 25%、50%和 75%的面积缺失分别定为轻度、中度和重度通气受限。

(齐菲 陈良安译)

第3章 静态肺容积

静态肺容积的测量可以提供大量的信息,其中最重要的是肺活量、残气量以及肺总量^[1]。肺活量(VC)通常是通过最大限度地吸气然后缓慢而完全地呼出来进行测量的。这里 VC 被称作慢速肺活量(SVC)。

在完全呼出后,肺部仍会残留一些空气。这部分残留的容积叫做残气量(RV)。RV 可以通过对比吸入时和呼出时胸部的 X 线片看到(图 3-1)。从生理上来说,肺残气对于呼气后肺不萎陷很重要。肺部如果完全塌陷,那么由于混合静脉血到达肺部的时候没有氧气,会造成瞬间的血缺氧。更严重的是,如果想要把一个完全塌陷的肺膨胀起来,需要很大的力量,这样会使呼吸肌很快疲劳并有可能造成肺部撕裂,导致气胸。这个问题见于婴儿出生时发生呼吸窘迫综合征的情况。RV 可以被测量出来,加上 SVC 可以得到肺总量(TLC)。反过来,肺总量减掉 SVC 可以得到 RV。

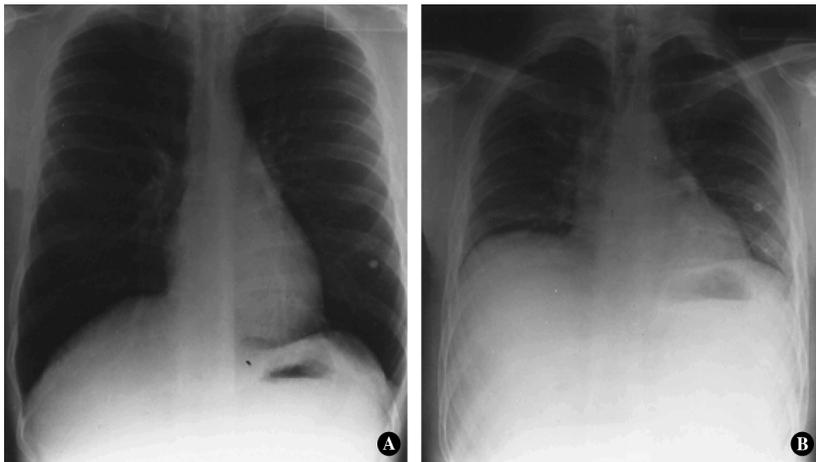


图 3-1 正常胸片。A. 充分吸气相,即肺总量位;B. 呼气相,即残气位

3A. 慢速肺活量

如图 3-2 所示,通常情况下,SVC 和用力呼出肺活量(FVC)是一致的。但是在气管阻塞的情况下,如慢性支气管炎或哮喘时,FVC 会较 SVC 小,如图 3-2 的下图所示。SVC 和 FVC 之间的差异反映了肺气体陷闭。在 COPD 患者进行 FVC 测试的时候气道会过度收缩关闭,这样肺部的空气不能像在进行 SVC 测试时那样完全地排出。这样的气体陷闭对于生理学家来说是一个有趣的课题,但是临床的实用价值较低。不过,这可以解释 SVC 和 FVC 的不一致。

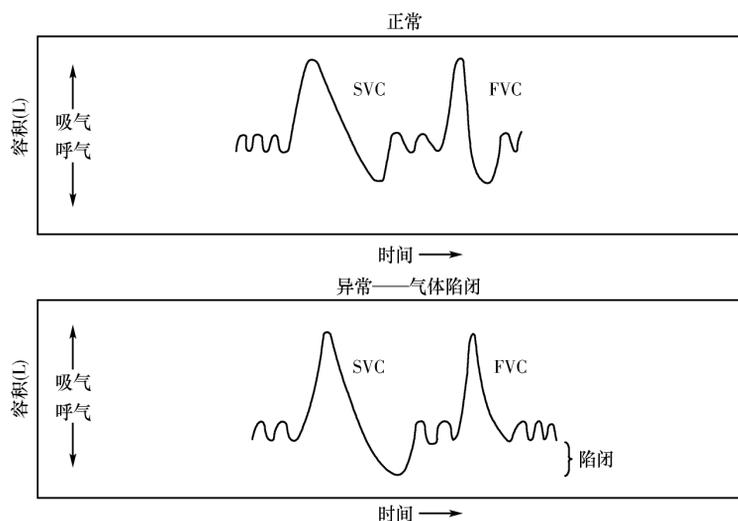


图 3-2 正常人的呼吸容积描记图与阻塞性肺病的做对比,后者可显示气体陷闭。
FVC,用力呼气肺活量;SVC,慢速肺活量

3B. 残气量和肺总量

图 3-3 描绘了静态肺容积。测量得出的 RV 加上 SVC 可以得出肺总量。ERV 是潮气呼吸后可以被呼出的正常空气量。在潮气式呼吸的气体量叫做潮气量 (VT)。补吸气量 IRV 是在潮气呼吸后能吸入的气体量。另外,ERV 加 RV 被定义为功能残气量 (FRC)。

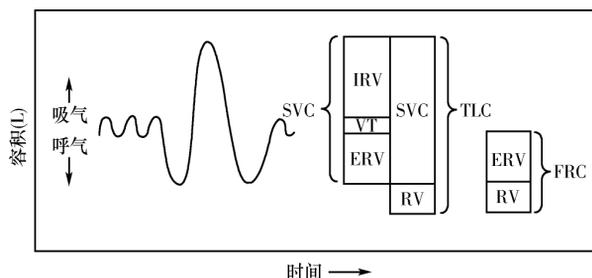


图 3-3 各种不同的静态的(或绝对的)肺容积。肺总量(TLC)是残气量(RV)和慢速肺活量(SVC)的总和。慢速肺活量(SVC)是补吸气量(IRV)、潮气量(VT)和补呼气量(ERV)的总和。
功能残气量(FRC)是残气量和补呼气量的和

RV 是在一次完全的呼出过程结束时肺部残留的空气,大小取决于胸壁移动或者气道收缩的程度。在限制性通气障碍的情况下,胸壁受胸壁肌肉的牵拉的程度将决定 RV 的大小。在阻塞性疾病的情况下,收缩的气道会阻碍空气从肺部呼出,通常 RV 将增大。大部分患有慢性阻塞性肺疾病的患者总肺容积会增大,而哮喘患者则不会。最后,对于限

制性通气障碍诊断来说,肺总量减少是必需的。

FRC 是生理学家主要的关注点。它是肺部向内的弹性回缩力和胸廓和腹部向外的弹力达到平衡点的时候的肺部容积,一般占总肺容积的 40%~50%。当肺部弹性降低,如患肺气肿时,FRC 会增加。随着肺部正常的老化,它也会小幅度增加。在肺纤维化的时候,随着肺部弹性回缩力的增加,FRC 会降低。

备注:

当平躺时,FRC 通常会比其在坐姿和站立时要小。当人站立时,腹部组织会将膈肌向下拉伸,从而使胸腔和肺部得到伸展。保持平躺姿势时,重力不会将腹部组织向下拉,而是相应地将膈肌向上推,这样导致 FRC 减少。平躺时较低的 FRC 导致的较小的肺容积会影响患肺部疾病患者和老年患者的气体交换,这些患者平躺时会出现异常的缺氧现象,一些肥胖患者也会出现类似的状况。

3C. 如何进行 RV 的测量

FRC 的测量一般采用下面将要描述的几种方法之一。如图 3-3 所示,从 FRC 中减去 ERV,就可以得到 RV,将 RV 与 SVC 相加就可以得到 TLC。

像图 3-2 所示的那样,在阻塞性疾病的情况下,SVC 可能会比 FVC 大,如果用 FVC 加上 RV 得到的 TLC 会比用 SVC 计算的结果要小。即便对于 COPD 这种通常 FVC 和 SVC 会有较大差异的病症,按惯例是采用 SVC 来进行计算的。

最常见的 3 种测量 FRC 的方法(进一步得到 RV)是氮冲洗、惰性气体稀释法以及体积描记图。如果无法采用这些方法,也可以使用胸片进行测量。

氮冲洗法

图 3-4 描绘了这种方法的原理。在一次正常的呼出结束后,让患者与系统相连。这时肺部残余了未知数量的含有 80%氮气的空气(V_x),然后吸入不含氮气的纯氧,再向一个独立的袋子中呼出,肺部所残留的氮气可以被洗出。对呼气袋中的气体总量以及其中氮气的浓度进行测量,这样就可以根据简单的质量平衡公式计算出前面那部分残留在肺部未知的空气量。在实际操作中,整个的测量过程为 7 分钟,肺部的所有氮气并不完全被呼出,不过这一点很容易被修正。这种测定方法有可能会低估阻塞性患者的 FRC,因为在这样的情况下肺部某些部分通气较差,只有少量的氮气可以呼出。对于这样的患者如果想要得出一个准确的结果,这个过程需要 15~20 分钟,然而这将使病人感到不适。

惰性气体稀释法

图 3-5 描述了这种方法,这里的惰性气体可以选择氦气、氩气或者氙气。肺量测量装置中装有已知量的气体(V_1)(在图 3-5 中是包含浓度为 C_1 的氦气的气体)。在测量 FRC 时,测量对象与测量装置连接并不断进行呼吸,直到使测量对象肺部和测量装置中气体的氦浓度(C_2)达到稳定一致的状态。由于整个过程中氦气没有泄漏,那么通过公式 1 和公式 2 的组合求解可以得出 V_x ,即 FRC。在实际操作时,氧气被加入测量装置中以补充被测量消耗的部分,呼出的二氧化碳则被吸收以防止出现高碳酸血症。和氮冲洗法一样,惰

性气体稀释法同样会导致阻塞性患者的 FRC 被低估。

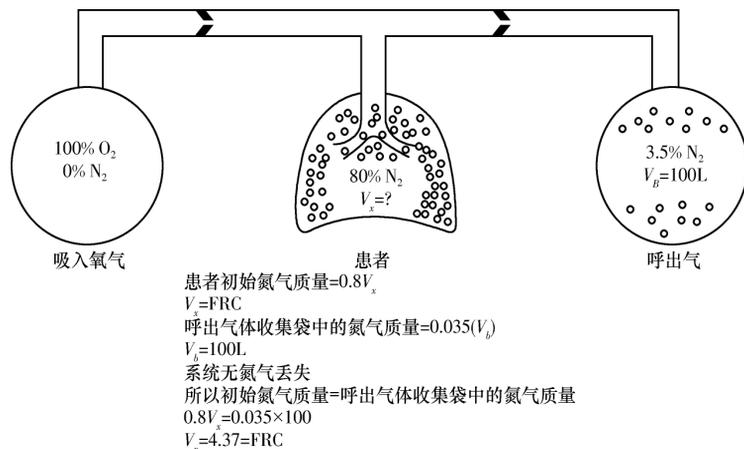


图 3-4 氮气冲洗法测量功能残气量(FRC)。氮气初始容积占肺 FRC 的 80%。在吸入的氧气中，氮气的质量是零。然后计算被冲洗到肺外的氮气的质量。根据质量守恒方程 $0.8(V_x) = 0.035(V_B)$ 可计算出 FRC 或 V_x

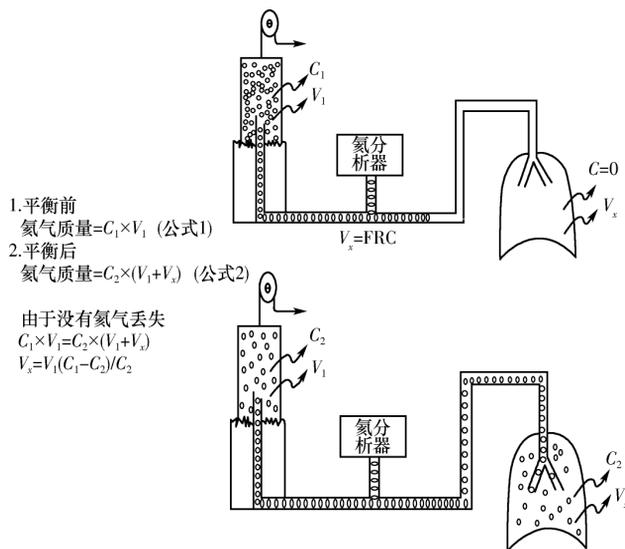


图 3-5 氮气测量 FRC 的容积稀释技术。在测定之前肺(体积 V_x)中无氮气，而肺量计中氮气的容积和浓度均为已知。平衡后，可以根据质量守恒方程求得 FRC

体积描记法

这种方法的原理比较简单，建立在波意耳定律之上，即气体在温度恒定(等温的)的条件下，体积和压力也保持恒定。肺部的气体由于与毛细血管中的血液紧密地联系在一起，因此是等温的。图 3-6 描述了标准体积描记仪的原理。这种技术的一大优点是可以很快地得到 RV 和 TLC 的测试结果。这对于前述的两种方法来说是不可能的，因为肺泡中的气体成分必须调整到一定的状态，这两种方法的测试才可以重复进行，对于一个 COPD

的患者这样的过程需要 10~20 分钟。而体积描记法测量的是包括通气较差部分在内的肺全部气体容积。这样,对于 COPD 的患者,使用这种方法测量出的 FRC、RV、TLC 通常会比使用前述的气体测量法的结果更大也更准确。通常情况下使用体积描记法的 COPD 患者的 TLC 会多出 2~3L。

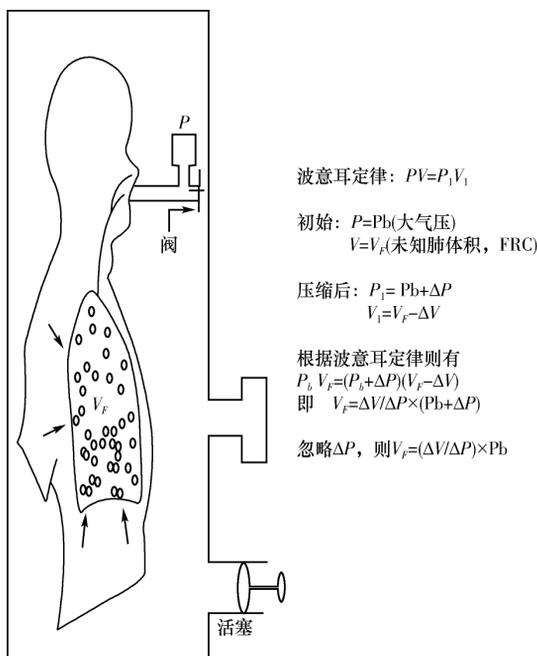


图 3-6 应用体积描记法及波意耳定律测定 FRC 的仪器及方法。受试者位于体积描记仪内,体积描记器的压力(Ppleth)随着肺容积的变化而改变。受试者停止呼吸时,肺泡内压等于大气压 P_b ,如果在平静呼气末位于口腔部的阀门关闭,患者作呼气努力,肺泡压会增高,这可以从口腔测量仪测出 ΔP 。体积的变化会通过活塞的活动而测出 ΔV 。这样所有解方程所需数据均可得到。由于与大气压相比, ΔP 较小而可以忽略不计

胸片法

如果没有条件采用上述的方法,可以采用胸片法对 TLC 进行估测。这种方法首先要获得测量对象在保持 TLC 状态下后前位以及侧面的放射照片,然后采用面积法或椭圆法对 TLC 进行估测^[2]。相比较而言,这种方法的测量结果与体积描记法比较相近,对于 COPD 患者的测量结果比其他的气体测量法更准确,对于肺部纤维化的患者也比较准确。这种方法不难,只是要求患者在保持最大吸入时候进行摄片即可。

3D. RV 和 TLC 的意义

RV 和 TLC 可以帮助我们了解是限制性还是阻塞性障碍引起 FVC 和 FEV₁ 的下降,这种差异在流量曲线中并不一定很明显,在患者出现明显的肺充气过度或纤维化的时候,胸片可能会有所帮助。

像在第2章2F部分提到的那样, FEV_1/FVC 的比率通常可以向我们提供答案。然而对于一个没有出现哮鸣音、FVC 和 FEV_1 同时下降的哮喘患者来说, FEV_1/FVC 的比率以及 FV 曲线的斜率可能是正常的, 这种情况下, RV 会有所增加, 而 TLC 是正常的。

COPD 患者的 RV 和 TLC 会升高, 尤其是肺气肿患者。通常 RV 会比 TLC 增长更多, 以至于 RV/TLC 的值也随之增长。在肢端肥大症的情况下, 患者的 RV 和 TLC 也会增加, 但是 RV/TLC 的值正常。

通过定义可以知道, TLC 在限制性疾病时会降低, 通常 RV 也会降低。对于限制性疾病一定要有证据表明 TLC 在下降, 才可以确诊。这时可以直接对 TLC 进行测量, 通过胸片也可以看到肺容积的明显下降, 患者的 FV 曲线呈现出陡峭的斜率。

肺癌或支气管扩张患者的 RV 和 TLC 会下降, 但这是一个比较特殊的情况。因为会有阻塞性障碍, RV/TLC 值会升高。另外, FV 曲线形态也会表现出来, FEV_1/FVC 值也会下降。这是一种混合性通气障碍。

3E. 绝对肺容积的数据比较

图 3-7 列示了来源于图 2-9 的 FV 曲线, 从一方面说明了绝对肺容积会出现怎样的变化。图 3-7A 是一个正常测试者的数据: TLC 为 7L, RV 为 2L, RV/TLC 的值为 29%。

图 3-7B 是一个由于导气管阻塞导致严重的通气障碍的患者的数据。由于流量的减少, TLC 和 RV 预期会出现增长, RV 比 TLC 增长的幅度更大, 以至于 RV/TLC 的比率也出现异常, 图旁边的数字肯定了这一预期。然而在 COPD 患者如果同时进行了肺切除, 情况要另外加以考虑。

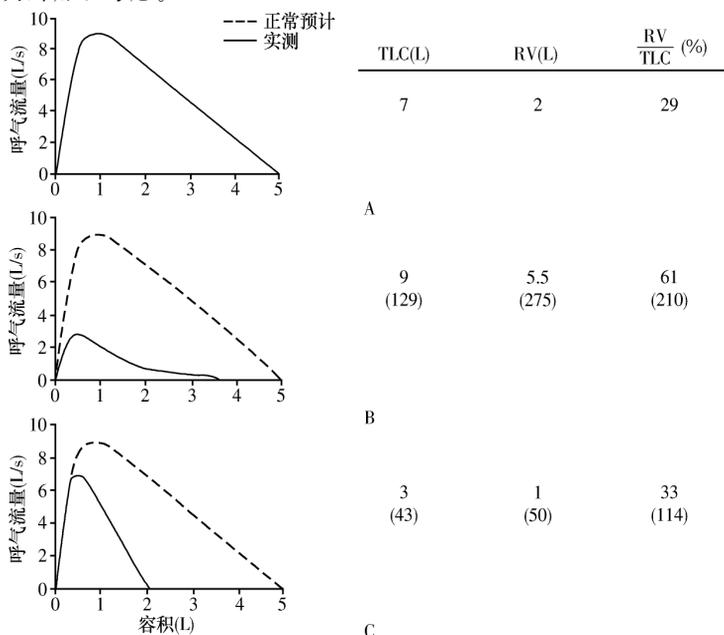


图 3-7 曲线比较的方法。注意在预计曲线和测定曲线之间没有画出阴影。A. 正常; B. 严重阻塞性障碍; C. 严重限制性障碍。括弧中的值为预计值的百分比。RV 表示残气量; TLC 表示肺总量