

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>

新 蕾 印 刷 厂 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<新蕾>)

《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
Ccw	胸壁顺应性
C_{L}	肺顺应性
$C_{\text{L,dyn}}$	肺动态顺应性
$C_{\text{L,stat}}$	肺静态顺应性
COHb	碳氧血红蛋白
COPD	慢性阻塞性肺疾病
Crs	总顺应性
DL	肺弥散量
DL_{CO}	肺一氧化碳弥散量
DL_{O_2}	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
$FEF_{25\sim75}$	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
P _{tr}	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?

肺功能测试还能对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。

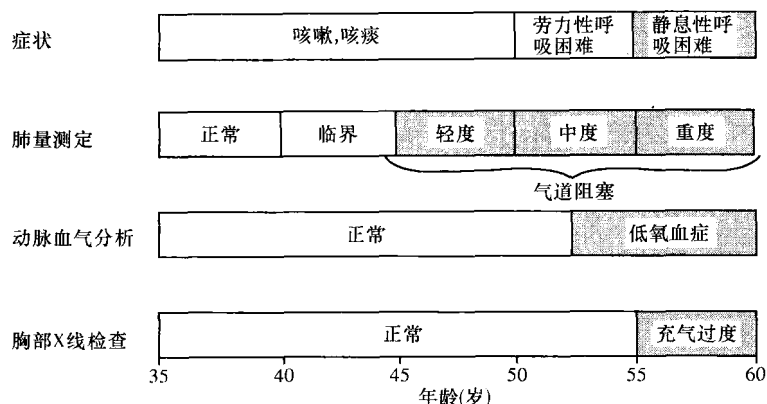


图 1-1 慢性阻塞性肺疾病(COPD)症状的典型进展。只有肺量测定才能在呼吸困难出现前数年发现 COPD(摘自 PL Enright, RE Hyatt. 门诊肺量测定:肺量计选择及使用的实用指南. 费城:Lea 和 Febig, 1987. 征得梅奥基金会许可)

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。

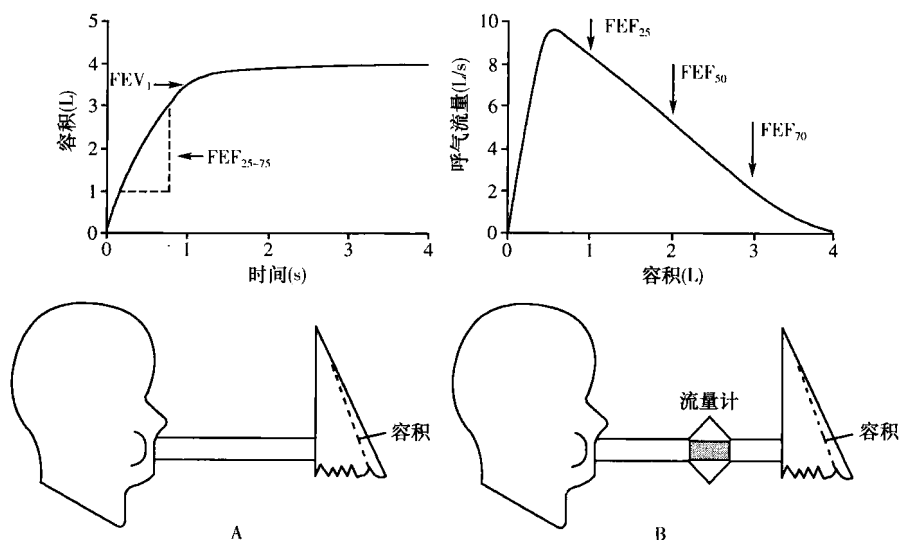


图2-1 用力肺活量(FVC)测定的两种记录方法。A. 肺量相对于时间作图。 FEV_1 ,第1秒用力呼气量; FEF_{25-75} ,呼出肺活量中间50%的平均用力呼气流量。B. 流量-容积曲线,相对于呼出气量记录流量。 $FEF_{25(50,75)}$,呼出肺活量25%(50%,75%)时的用力呼气流量

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。

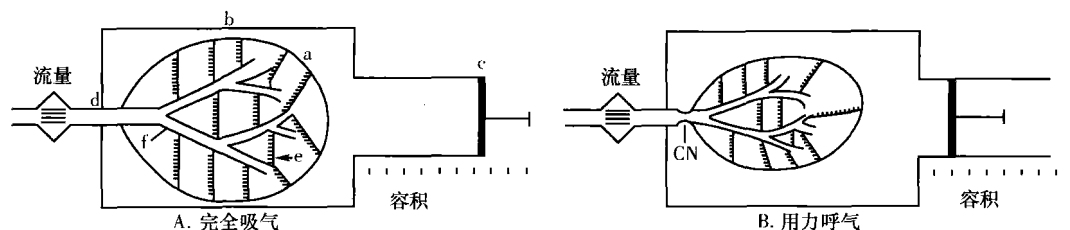


图 2-2 单肺完全扩张(A)与用力呼气(B)模型。肺(a)位于胸腔(b)内,后者容积可通过活塞(c)改变。肺内气体通过气管(d)排出胸腔。肺具有弹性,以弹簧(e)表示,肺的弹性驱动肺排出气体,还使支气管(f)保持开放。FVC测定过程中的临界性狭窄点即 CN

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。例如肺疾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:

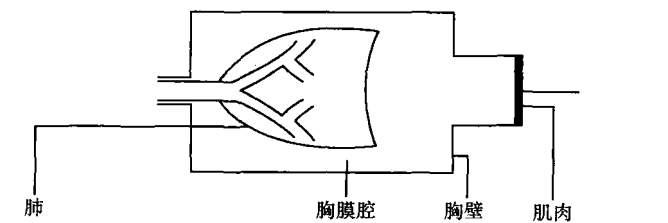
根据我们的了解,只有肢端肥大症才会引起 FVC 异常增大,肢端肥大症其他肺功能测试结果往往正常。由于肢端肥大症患者上呼吸道软组织肥大,发生阻塞性睡眠呼吸暂停的风险通常更高。

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。

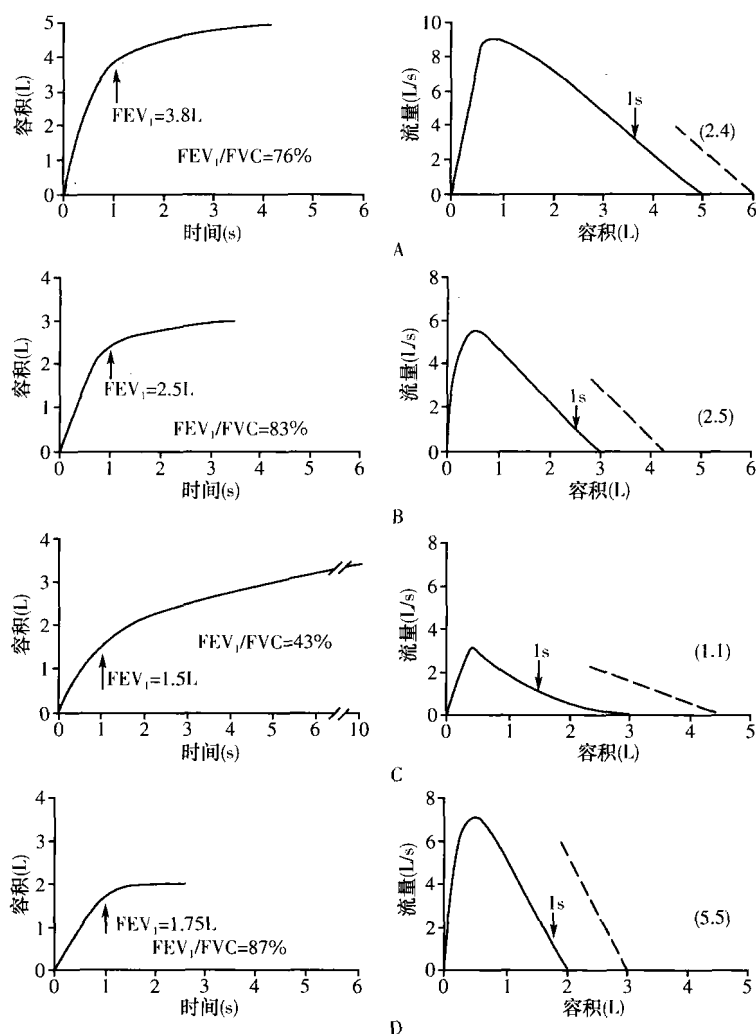


图 2-4 用力呼气时的典型肺量图和流量-容积曲线。A 和 B 分别来自不同体型的正常受试者,C 来自严重气道阻塞患者,D 显示的是肺阻塞性病变的典型曲线,箭头表示第 1 秒用力呼气量(FEV_1)。图中还显示了 FEV_1/FVC 和流量-容积曲线的斜率(虚线)

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(不伴有任何阻塞),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,