

呼吸系统疾病 防治学

(上)

⋮

门 翔等◎主编

呼吸系统疾病防治学

(上)

门 翔等◎主编

图书在版编目 (C I P) 数据

呼吸系统疾病防治学/ 门翔等主编. -- 长春 : 吉林科学技术出版社, 2016.9

ISBN 978-7-5578-1056-6

I. ①呼… II. ①门… III. ①呼吸系统疾病—防治
IV. ①R56

中国版本图书馆CIP数据核字(2016) 第167769号

呼吸系统疾病防治学

Huxi xitong jibing fangzhixue

主 编	门 翔 王世波 李 军 金 桃 闫明华 刘桂霞
副 主 编	陈 艳 徐国鹏 王素花 薛一歌 姜 鹏 刘爱玲
出 版 人	李 梁
责任编辑	张 凌 张 卓
封面设计	长春创意广告图文制作有限责任公司
制 版	长春创意广告图文制作有限责任公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
字 数	792千字
印 张	32.5
版 次	2016年9月第1版
印 次	2017年6月第1版第2次印刷

出 版	吉林科学技术出版社
发 行	吉林科学技术出版社
地 址	长春市人民大街4646号
邮 编	130021
发行部电话/传真	0431-85635177 85651759 85651628 85652585 85635176

储运部电话 0431-86059116

编辑部电话 0431-86037565

网 址 www.jlstp.net

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

书 号 ISBN 978-7-5578-1056-6

定 价 130.00元

如有印装质量问题 可寄出版社调换

因本书作者较多, 联系未果, 如作者看到此声明, 请尽快来电或来函与编辑部联系, 以便商洽相应稿酬支付事宜。

版权所有 翻印必究 举报电话: 0431-86037565

主编简介



门翔

1980年出生。河南省南阳市中心医院，主治医师，呼吸内科硕士。研究生毕业于兰州大学，从事呼吸内科临床工作5年。擅长慢性阻塞性肺疾病、支气管哮喘、间质性肺病、肺癌、肺栓塞等疾病的诊治。获得科研成果二等奖2项，在中文核心期刊上发表论文8篇。



王世波

1981年出生。潍坊市第二人民医院呼吸与危重症医学科，主治医师，医学硕士。2005年毕业于潍坊医学院临床医学专业。从事呼吸与危重症医学临床与教学工作10余年，熟练掌握呼吸内科常见病及多发病的诊断与治疗，尤其擅长呼吸道感染性疾病及间质性疾病的诊断与治疗，精通无创及有创机械辅助通气治疗。参与市级科研3项，在国家级医学期刊发表论文4篇。



李军

1969年出生。江苏省徐州市中心医院，呼吸三科主任，主任医师，硕士生导师，副教授。东南大学硕士研究生导师，南京中医药大学兼职教师，徐州医科大学副教授，徐州市医学会呼吸分会委员，徐州市医学鉴定专家组成员。主持课题《呼吸睡眠暂停综合症及其并发症的治疗》系列研究获徐州市科技进步奖二等奖、新技术引进奖二等奖，淮海科技成果奖三等奖。在呼吸科各种常见疾病及疑难危重病的诊断和治疗方面有十分丰富的临床经验，尤其擅长电子支气管镜检查、CT引导下肺穿刺活检及无创呼吸机的使用。在省级以上核心期刊发表论文10余篇，主编专著1部。

编 委 会

主 编 门 翔 王世波 李 军
 金 桃 闫明华 刘桂霞

副主编 陈 艳 徐国鹏 王素花
 薛一歌 姜 鹏 刘爱玲

编 委 (按姓氏笔画排序)

门 翔 南阳市中心医院
王世波 潍坊市第二人民医院
王素花 河南省中医药研究院附属医院
朱同刚 长春中医药大学附属医院
刘桂霞 湖北省孝感市中心医院
 (武汉科技大学附属孝感医院)
刘爱玲 威海市立医院
闫明华 徐州市中心医院
李 军 徐州市中心医院
佟淑平 内蒙古民族大学附属医院
陈 艳 十堰市太和医院
 (湖北医药学院附属医院)
金 桃 内蒙古民族大学附属医院
姜 鹏 威海市立医院
徐国鹏 苏州市立医院本部
薛一歌 郑州大学附属郑州中心医院

· 前 言 ·

随着人民生活水平的不断提高，呼吸疾病的发病率也在逐渐增长，呼吸疾病的急救技术也随着新技术、新科学、新知识和新方法的不断涌现，有了飞速的发展。呼吸机的应用正在不断增加，急性呼吸衰竭抢救成功率的提高，更加要求临床医生和呼吸治疗师在呼吸理论和实践中不断充实和提高。

本书主要论述了呼吸科常见疾病的治疗，首先是讲述了呼吸系统的监测、氧疗、药疗以及支气管镜的相关内容；然后分章节讲述了呼吸科常见疾病的诊治，包括肺血管疾病、呼吸窘迫综合征、支气管哮喘、呼吸衰竭、慢性阻塞性肺疾病、肺栓塞以及常见病护理等内容。

在编写过程中，虽力求做到写作方式和文笔风格的一致，但由于作者较多，再加上我们的知识水平有限，因此难免有一些疏漏和缺点错误，期望读者见谅，并予以批评指正；也欢迎各位医生在使用本书的过程中不断提出意见和建议，以供今后修订时参考。

编 者
2016 年 9 月

· 目 录 ·

第一章 呼吸功能监测	1
第一节 通气功能测定	1
第二节 弥散功能	8
第三节 呼吸动力学	9
第四节 脉冲振荡肺功能测定及临床应用	13
第五节 肺功能临床诊断及评价	15
第二章 氧气疗法	20
第一节 低氧血症与缺氧	20
第二节 常规氧疗	22
第三节 长期氧疗	32
第四节 高压氧疗	36
第三章 呼吸系统疾病的药物治疗	38
第一节 β 受体激动剂	38
第二节 糖皮质激素	50
第三节 茶碱类药物	56
第四节 白三烯调节剂	62
第五节 镇咳剂	64
第六节 祛痰剂	67
第四章 支气管镜检查的临床应用	72
第一节 纤维支气管镜检查	72
第二节 支气管肺泡灌洗	81
第三节 支气管镜在呼吸衰竭中的应用	87
第四节 支气管镜在重症肺炎中的应用	90
第五节 支气管镜在大咯血中的应用	93
第六节 支气管镜在气道异物及狭窄中的应用	94
第五章 可弯曲支气管镜	99
第一节 概述	99
第二节 常规支气管镜检查术	102
第三节 支气管及肺活检术	103
第四节 自荧光支气管镜检查术 (AFB)	105

第五节	支气管腔内超声 (EBUS) 检查术	106
第六节	电磁导航支气管镜 (ENB)	108
第七节	经支气管镜“热烧灼疗法”	108
第八节	经支气管镜腔内冷冻治疗	111
第九节	光动力学疗法	112
第十节	腔内近距离放射治疗	113
第十一节	球囊扩张气道成形术	115
第十二节	气道支架植入术	115
第六章	支气管镜介入治疗技术	120
第一节	中央型气道疾病的分类与气管镜介入治疗策略	120
第二节	支气管镜介入治疗途径的选择及管理	122
第三节	高频电刀	127
第四节	氩等离子体凝固	130
第五节	激光	133
第六节	微波	137
第七节	CO ₂ 冷冻	139
第七章	呼吸系统疾病的常见症状和体征	143
第一节	发热	143
第二节	咳嗽	155
第三节	咯血	159
第四节	胸痛	164
第五节	呼吸困难	170
第八章	呼吸系统急危重症	177
第一节	急性加重期阻塞性肺病	177
第二节	重症甲流	186
第三节	重症支气管哮喘	188
第四节	重症肺炎	189
第五节	重症呼吸机相关性肺炎	198
第六节	骨髓及器官移植后肺部感染	200
第九章	肺血管疾病	209
第一节	急性肺源性心脏病	209
第二节	慢性肺源性心脏病	217
第三节	肺动脉高压	223
第四节	肺血管炎	234
第五节	肺动脉狭窄	244
第六节	肺动静脉瘘	246
第七节	肺动脉闭锁	247
第十章	急性呼吸窘迫综合征	249
第一节	概述与发病机制	249

第二节 病理和病理生理	253
第三节 临床表现、分期、辅助检查	256
第四节 诊断和鉴别诊断	258
第五节 治疗	261
第十一章 支气管哮喘	277
第一节 病因及发病机制	277
第二节 诊断与鉴别诊断	290
第三节 支气管哮喘的治疗原则、目标和控制标准	303
第四节 危重症哮喘诊治	305
第五节 特异性免疫治疗	317
第六节 非特异性免疫治疗	325
第七节 吸入疗法	328
第十二章 呼吸衰竭	338
第一节 呼吸衰竭的定义、病因、分类、分型和诊断	338
第二节 通气供应与通气需要	344
第三节 急性低氧性呼吸衰竭	346
第四节 高碳酸-低氧性呼吸衰竭	354
第五节 急性呼吸衰竭的并发症	363
第十三章 慢性阻塞性肺疾病	364
第一节 慢性阻塞性肺疾病的定义	364
第二节 慢性阻塞性肺疾病的病因	364
第三节 慢性阻塞性肺疾病的发病机制	365
第四节 慢性阻塞性肺疾病的病理和病理生理	367
第五节 慢性阻塞性肺疾病的临床表现和实验室检查	368
第六节 慢性阻塞性肺疾病的并发症	372
第七节 慢性阻塞性肺疾病的诊断、鉴别诊断和评估	376
第八节 慢性阻塞性肺疾病的治疗	382
第九节 COPD 合并症的治疗	388
第十节 COPD 急性加重期的治疗	390
第十四章 肺血栓栓塞	395
第一节 前言	395
第二节 深静脉血栓形成	397
第三节 肺栓塞的病理、病理生理学和临床表现	409
第四节 肺栓塞的实验室检查和诊断	415
第五节 肺栓塞的治疗	429
第十五章 重症间质性肺疾病	447
第一节 急性间质性肺炎	447
第二节 特发性肺间质纤维化急性加重	453
第三节 过敏性肺炎	457

第十六章 呼吸系统疾病护理.....	472
第一节 肺炎.....	472
第二节 急性呼吸道感染.....	478
第三节 支气管哮喘.....	481
第四节 支气管扩张症.....	489
第五节 呼吸衰竭.....	491
第六节 肺血栓栓塞.....	494
第七节 慢性阻塞性肺疾病.....	497
第八节 原发性支气管肺癌.....	500
参考文献.....	508

第一章

呼吸功能监测

第一节 通气功能测定

呼吸功能的第一步就是肺的通气功能。

1. 吸气 靠呼吸肌的收缩,胸廓扩张而容积增大,肺脏受其牵引而随之扩张,肺内压低于大气压(平静吸气时约 -0.27kPa)空气逐渐被吸入肺内,完成吸气功能。

2. 呼气 借助于肋骨还原,膈肌松弛,肺脏弹性回缩,此时肺内压力高于大气压(平静呼气时约 $+0.4\text{kPa}$)气体从肺内排出,完成呼气动作。

3. 肺容量 指肺内容纳气体的量,随呼吸即胸廓的扩张与收缩而改变。平静呼吸时呼吸幅度小故气量变化不大;深吸气时肺扩张吸入气量增大。

一、肺容积

(一) 基本肺容积 (basal lung volume)

1. 潮气量 平静呼吸时每次吸入或呼出的气量为潮气量 (tidal volume, V_T), 正常男性为 $0.4 \sim 0.8\text{L}$, 女性为 $0.3 \sim 0.6\text{L}$ 。由于每分钟吸入 O_2 量大于呼出 CO_2 量, 故呼和吸的容积不等, 二者之比值 (呼吸商) 约 0.8。潮气容积受机体代谢率、运动量、情绪等因素影响。 V_T 与呼吸频率 (f) 决定 MV 。 V_T 越小, 则需较高 f 方可达到足够通气量。

2. 补吸气量 平静吸气末再用力吸气时所能吸入的最大气量为补吸气量 (inspiratory reserve volume, IRV), 补吸气量 $= \text{IC} - V_T$, 正常男性为 2L , 女性为 1L 。

3. 补呼气量 平静呼气末再继续呼气所能呼出的最大气量为补呼气量 (expiratory reserve volume, ERV), 男性为 $0.8 \sim 1.8\text{L}$, 女性为 $0.5 \sim 1.1\text{L}$ 。体位对 ERV 有明显影响, 仰卧较立位可减少数百毫升, 系由膈肌抬高和肺血容量增加所致。肥胖、妊娠、腹水、肠胀气等都可以减少 ERV 。

4. 残气量 深呼气末肺内剩余的气量为残气量 (residual volume, RV), 男性为 $1.2 \sim 2.3\text{L}$, 女性为 $0.9 \sim 1.7\text{L}$ 。 RV 的改变与功能残气量 (function residual capacity, FRC) 具有相同的生理学意义。临床上以 RV 占肺总量 (total lung capacity, TLC) 的百分比 (RV/TLC) 作为肺泡内气体滞留的指标。

(二) 基本肺容量 (basal lung capacity)

1. 深吸气量 (inspiratory capacity, IC) 由平静呼气末至肺总量位所能吸入的最大气

量为 IC, $IC = V_T + IRV$, 是 VC 主要组成成分 (约占 75%)。男性为 2 ~ 3L, 女性为 1.4 ~ 2L。IC 与吸气肌力的大小、胸肺弹性和气道通畅情况有关, MVV 主要取决于 IC。

2. 功能残气量 平静呼气末肺脏内存留的气量为 FRC, 包括 RV 和 ERV。男性为 2.2 ~ 3.6L, 女性为 1.8 ~ 2.5L。FRC 生理上有稳定肺泡气体分压的缓冲作用, 间歇减少通气会影响肺泡内气体交换。若 FRC 减少, PaO_2 和 $PaCO_2$ 在呼吸周期内会出现较大波动。尤其在呼气时, 肺泡内没有足量剩余气体与肺循环血进行气体交换, 以致产生静动脉分流。FRC 增加, 吸入新鲜空气会被肺泡残气所稀释, PaO_2 降低, $PaCO_2$ 增高, 也会影响换气效率。FRC 取决于胸廓和肺脏组织弹性平衡, 也具有呼吸动力学意义。

3. 肺活量 深吸气末 (TLC 位) 作深呼气 (至 RV 位) 所能呼出的最大气量为 VC, $VC = IC + ERV$ (男性为 2.9 ~ 4.3L, 女性为 2.0 ~ 3.0L)。VC 大小与体表面积、性别、年龄、胸廓结构、呼吸肌强度有关, 个体差异较大, 并受职业、体力锻炼等因素影响, 在表达呼吸生理功能上有一定局限性。若对个体 VC 行动态观察, 是反映肺组织病理和生理变化的简单、实用的指标。

4. 肺总量 深吸气 (至 TLC 位) 后肺内所含的气量为 TLC, $TLC = RV + VC$ (男性为 4.4 ~ 6.0L, 女性为 3.3 ~ 4.4L)。肺气肿、阻塞性通气障碍、肺泡内气体滞留、肺泡扩张者, 使 TLC 增加; 肺组织广泛性病变、肺不张、肺纤维化、胸腔积液、气胸等, TLC 减少。

二、肺泡通气量

吸新鲜空气进入肺泡, 并排出经过气体交换的肺泡气。进入肺脏的气体并不能全部进入肺泡参与气体交换, 故通气有肺通气和肺泡通气 (alveolar ventilation, V_A) 之分。吸入气体到达肺泡者才能进行气体交换。正常人每次呼吸的 V_T 中约有三分之一未进行气体交换。 V_T 减去无效腔量乘以 f 得 V_A 。正常人 V_A 为 4 ~ 6L。

三、静息通气量

是指在基础代谢情况下所测得的每分钟呼出的气量, 即维持基础代谢所需的每分通气量 (minute ventilation, MV)。 $MV = V_T \times f$ 。男性为 7 ~ 12L, 女性为 6 ~ 10L。MV 增加表示 f 或 V_T 增加。肺有较强的贮备力, 若无严重通气障碍, 一般 MV 不会异常。

四、肺通气和血流分布

肺泡是进行气体交换的唯一场所, 只有肺脏通气和血流均匀地分布到每个肺泡, 才能使吸入肺内的气体达到充分有效的气体交换。

(一) 吸入气在肺内的分布

一般吸入气体需经过 20 余级气道分支方能到达肺泡。小气道阻力的差异就可产生吸入气分布不均, 另外由于重力对肺组织和血流灌注的影响, 使上下部位肺组织弹性不同, 从而造成肺泡扩张和充盈气量的差异。重力对胸腔内负压也有影响。吸气时, 胸腔内负压以 0.025kPa 梯度自肺尖向肺底递减。胸膜腔内压力梯度和肺组织顺应性变化对吸气分布亦有一定影响。时间常数是影响吸气分布的又一主要因素。理论上肺泡顺应性与气道阻力乘积即为时间常数。它与肺泡顺应性和进入该肺泡的气道阻力有关系。

体位变化也会影响吸入气体在肺内的分布。立位时, 左右肺气体分布为 47% 与 53% ;

仰卧位时, FRC 减少, 两肺分布比例并无变化; 右侧卧时, 左右肺通气量分别占 39% 和 61%; 左侧卧时, 左右肺通气分别为 53% 和 47%。上述各因素在生理情况下可致吸气分布不均, 在病理情况下, 吸气分布不均会更突出。

(二) 肺血流在肺内的分布

肺循环是低压、低阻系统, 肺内血流的分布易受重力、血压、胸腔和肺泡压力等因素影响。立位时因重力关系, 肺尖和肺底部血流量相差可达 6 倍。呼吸引起的胸膜腔内压和肺泡压变化也影响血管径而改变其血流量, 体位改变也会引起肺内血流灌注的变化。正常的肺通气量 (V) 和血流总量 (Q) 分别为 4L/min 和 5L/min, 二者之比约为 0.8。虽然每个肺泡通气和血流量可能不同, 但只要 V/Q 比例能保持 0.8, 整个肺脏的换气功能依然正常。人体对通气和血流比例具备自动调节能力, 如 V 不足, 灌注该部位肺泡的肺小动脉就收缩, 相应减少血流量; 肺动脉阻断后, 流入这部分肺泡的细支气管也会痉挛收缩, 相应减少通气量。但这种调节功能, 不常十分有效, 故健康人肺脏各部位 V、Q 和 V/Q 比例仍有较大差别。

(三) V/Q 比例与换气功能

V/Q 比例对换气功能的影响, 可用有通气无血流, 或有血流无通气的例子说明: 若以 0.8 为正常比值, 则前者比值为 8 (>0.8), 后者为 0 (<0.8), 当 $V/Q < 0.8$ 时, 通过肺泡周围毛细血管的混合静脉血就不能与肺泡气充分的交换而进入动脉, 形成静动脉分流 (简称静脉分流)。该分流系生理原因所致, 故又称为生理静脉分流。解剖上也有少量静脉血不经肺泡进行气体交换直接进入动脉, 占 CO 的 1% ~ 2%。当 $V/Q > 0.8$ 时, 则进入肺泡的部分潮气容积不能与肺血流进行气体交换, 这样产生的无效腔为肺泡无效腔, 解剖无效腔与肺泡无效腔总称为生理无效腔。V/Q 失调, 无论是无效腔增加还是静脉分流, 其结果理应是 PaO_2 降低和 $PaCO_2$ 升高。但临床上除伴有严重通气不足外, 一般都以缺氧为主, 并无 CO_2 潴留或 $PaCO_2$ 低于正常。其原因是: ①静脉分流主要产生缺氧, 因为正常动静脉血氧分压差远较 CO_2 分压差大。前者约为 8kPa, 后者为 0.8kPa。静脉血分流进入动脉后, PO_2 下降的程度远超过 PCO_2 升高。② O_2 和 CO_2 解离曲线形态的差别对缺 O_2 和 CO_2 潴留产生不同的代偿效果, 当 V/Q 失调至产生缺 O_2 和 CO_2 潴留时, 就会增加通气量。通气增加, $PaCO_2$ 降低可排出更多 CO_2 。

五、最大自主通气

单位时间内最大呼气量称为最大自主通气, 又叫 MVV。在单位时间内以最快最深幅度的呼吸测得。一般测 15s 或 12s, $f_{10} \sim 15bpm$ 为宜, $15s \times 4$ 或 $12s \times 5$ 计算 1min 的通气量。通气储量百分比 = $(MVV - MV) / MVV \times 100\%$, 其在 93% 以上为正常, 93% ~ 87% 为轻度减低, 87% ~ 80% 为中度减低, 80% ~ 70% 为重度减低, 70% 以下为极重度减低。30 岁以前随年龄增长而增大, 30 岁以后与年龄成反比。

(一) 正常 MVV 决定因素

①胸廓正常活动自如。②呼吸肌功能正常。③气管支气管通畅, 气流阻力达最低。④肺组织伸张用最小的功。⑤正常的呼吸神经肌肉协调作用。

(二) 影响 MVV 的因素

在以下情况下可影响最大自主通气量: ①骨骼受累, 如风湿脊椎炎, 胸廓畸形。②呼吸

肌减弱,如重症肌无力,肌炎。③气道阻力增加,如支气管哮喘、阻塞性肺气肿、支气管肿瘤等。

六、用力肺活量

指用力吸气达 TLC 位后再用力呼气至 RV 位所呼出的气量为用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)。

(一) 第 1 秒用力呼气量

最大吸气至 TLC 位后 1s 之内用力呼出的气量称为 FEV_1 , 又称时间 VC; FEV_2 和 FEV_3 分别代表第 2 和 3s 内所呼出的气量。 FEV_3 是检测早期气道阻力的指标, 是了解终末流量的简单测定方法。

$FEV_1\%$ 用 FEV_1 占 FVC 的百分比表示。 $FEV_1\%$ 是测定气道有无阻塞的一项有用指标。 $FEV_1\% < 70\%$ 表明有气流阻塞, 常见于 COPD 或气管痉挛。

(二) 最大呼气中期流速

从 FVC 曲线上计算用力呼出 VC 25% ~ 75% 平均流量即为最大呼气中期流速 (maximal midexpiratory flow, MMEF)。即将最大呼气总量分为四部分, 取其中间 (二、三) 部分 (25% ~ 75%) 的呼气量 (AB) 和该部分时间 (CD) 之比为中期流速, 为 $AB/(m) L/s$ 。1955 年 Leuallen 认为第一部分流速很快增加, 受主观用力因素影响; 第四部分由于肺弹性减弱近残气位时流速常减慢, 用肺量计不易测准。因此中期部分呼气流量与时间的关系最能反映气道通畅的实际情况。对呼吸强度的依赖性小于 $FEV_1\%$ 是检测早期气道阻塞较敏感的指标。与 MMEF 相关的参数最大呼气中期时间 (mid-expiratory time, MET) 是呼出 25% ~ 75% VC 所经历的时间, 用于评价 FVC 下降时的小气道功能状态。

MMEF 与 FVC 和 MVV 相近似, Leuallen 认为识别气道阻塞较 FVC、MVV 更敏感。后者对气道阻塞程度的估计往往过低。

(三) 流速容量曲线测定

最大呼气流速 - 曲线是指受试者在最大用力呼气过程中, 将其呼出的气体容积及相应的呼气流量描记成的一条曲线图形, 称为 MEFV 曲线或 F - V 曲线。它主要反映用力呼气过程中胸膜腔内压、肺弹性回缩压、气道阻力对呼气流速的影响。其前半部分与用力大小有关, 后半部分取决于肺弹性气道的生理功能。近年来小气道阻塞性疾病的早期诊断问题引起国内外学者的重视。F - V 曲线被认为是早期检测小气道疾病和判断疗效较敏感的方法之一。 $FEF_{75\%} \sim 85\%$ 是检测小气道阻塞更敏感的指标。

(四) F - V 线的特征

正常人此曲线在高肺容量阶段 ($> 75\% VC$), 即 MEFV 上升支部分与呼气用力有关, 称最大呼气流量用力依赖部分。当上升支达最高峰后开始下降, 即 MEFV 曲线降支部分为低肺容量阶段 ($< 75\% VC$), 其 V_{max} 仅随肺容量减少而逐渐降低, 最后为零。此段称为最大呼气流量非用力依赖部分, 亦有人称为限速现象。COPD 患者气道阻力大, F - V 曲线各段流速均较正常人明显减低。限制型通气障碍者流速高、VC 小, 故 F - V 曲线高耸, 倾斜度大。

七、无效腔及其测定

无效腔即生理无效腔 (physiological dead space, VD), 包括解剖无效腔 (anatomical dead space, V_{Dan}) 和肺泡无效腔 (alveolar dead space, V_{Dalv})。VD 量等于 V_{Dan} 量加 V_{Dalv} 量。 V_{Dan} 量等于从口到细支气管这部分呼吸道不参与气体交换的气量。 V_{Dalv} 量是指当通气好而血流灌注不良时, 气体交换不能充分进行, 这部分无效通气量为 V_{Dalv} 量。正常人 V_{Dalv} 量极小可忽略不计, 故生理无效腔量等于 V_{Dan} 量; 病理状态下, V_{Dan} 量变化不大, VD 量主要反映 V_{Dalv} 量。VD 正常值为 22.56% ~ 36.78%。

无效腔量测定据改良 Bohr 公式:

$$\frac{V_D}{V_T} = \frac{PaCO_2 - PeCO_2}{PaCO_2}$$

肺泡正常换气功能取决于正常的肺泡 V/Q 。 $V_T = V_D + V_A$, 因此, V_{Dan} 特别是 V_{Dalv} , 能对肺泡通气量 (alveolar ventilation, V_A) 产生直接影响。 V_T 加大, f 加快, 对提高肺泡通气有很大作用。临床呼吸浅快者只增加无效通气, V_A 反而减少, 故易引起缺氧。

八、肺泡通气量测量

(一) 肺泡通气量

静息状态下每分钟吸入气量中能达到肺泡进行气体交换的有效通气量, $V_A = MV \times (100 - V_D)\%$ 。呼出 CO_2 来自肺泡气, 单位时间呼出气中 CO_2 应等于该时间内肺泡通气量乘以肺泡气 CO_2 浓度。故 $V_A = VCO_2 / \text{肺泡 } CO_2 \text{ 浓度}$ 。临床意义: 肺泡通气不足, CO_2 潴留 (呼吸酸); 过度通气导致呼吸碱。

(二) 肺泡气分布

正常人肺泡数约有 7 亿之多。健康人肺泡气分布也并非绝对均匀。正常人可有轻度不均匀, 老年人会加重, 多与肺弹性减低, 气道阻塞等因素有关。

九、最大呼气流速 - 容积曲线分析

最大呼气流速 - 容积曲线系指受试者在最大用力呼气或吸气过程中, 将呼出或吸入气体流速及相应肺容量描记成的一条曲线图形 (图 1-1)。又称为 MEF-V 曲线或 F-V 曲线。呼气部分反映用力呼气过程中胸膜腔内压、肺弹性回缩压、气道阻力对呼气流速的影响。MEF-V 曲线前半部分与受试者呼气时用力大小密切相关, 而后半部分主要取决于肺组织弹性回缩力和外周气道的生理功能。许多学者认为, MEF-V 曲线的形态及曲线中一些测试参数可作为小气道阻塞的早期诊断依据。亦反映了大气道阻塞和呼吸肌肌力的变化, 主要与呼气肌功能有关。

关于 F-V 曲线呼气部分分析衍生出一些新指标。诸如: MEF-V 降支斜率 [$V_{60} \sim V_{40}$ 的流速斜率 (MTC60)、 $V_{75} \sim V_{50}$ 的流速斜率 (MTC75)、 $V_{50} \sim V_{25}$ 的流速斜率 (MTC50)]、阻塞指数、MTTp [MTTp (62.5% ~ 87.5% FVC)]、气速指数 (AVI)、气滞指数、呼气流速峰值时间 (TPEF)、呼气流速峰值容积、呼出 25% VC 时的时间 (TFEF75)、呼出 50% VC 时的时间 (TFFF50)、呼出 75% VC 时的时间 (TFEF25)、最大用力呼气中段

时间（MET）以及 MTT_p 用力呼气过程中某一肺容积阶段内气体平均排出时间等，下面简述上述指标的临床意义。

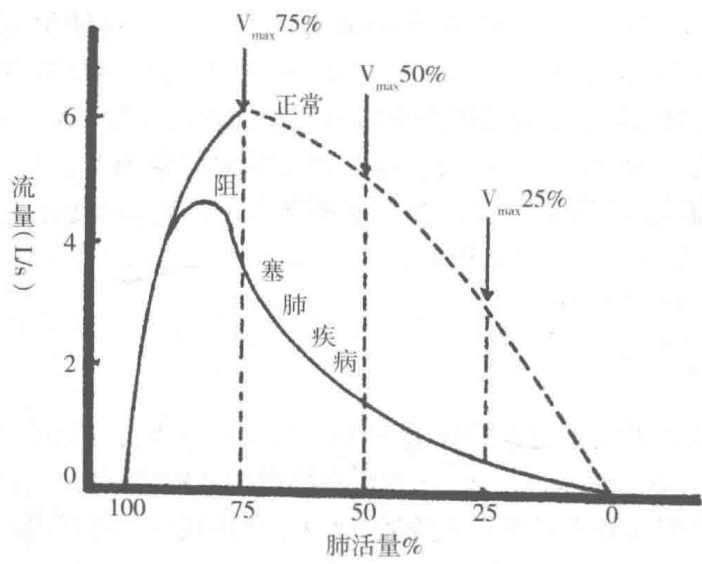


图 1-1 流速-容量曲线

（一）MEF - V 曲线降支斜率

对小气道功能的判定有很大意义。我们分析测定 MTC₇₅、MTC₅₀ 及 MTC₆₀。这三部分斜率中以中段 V₆₀ ~ V₄₀ 流速斜率最为有意义，因其既排除了主观用力因素的影响，又克服了肺弹性回缩力不足对斜率的影响。MEF - V 降支斜率有助于区别限制型和阻塞型通气功能障碍。限制型 MEF - V 降支斜率大（FVC 降低，F - V 降支变陡直，斜率增大）；阻塞型 MEF - V 降支斜率小（FVC 变化不大，而因阻塞呼气阻力增大，流速减慢，呼气时间延长使 MEF - V 降支变得较缓平，斜率小）。

（二）气滞指数

用力呼气过程中由于外周气道提前闭合致使空气滞留（air trapping）于肺内。通过测定滞留于肺内气体容量的多少，可间接反映外周气道阻塞程度。用等压点学说解释气滞指数现象：用力呼气时，由于小气道阻塞和/或肺泡弹性回缩下降，等压点向外周移动的更快、更远，外周小气道被压缩，RV 增加；相反呼气慢时等压点向外移动较慢，气道闭合较晚，呼出气体容量较大，这就造成 VC 与 FVC 的差别。测定方法：气滞指数 = [（VC - FVC）/ VC] × 100%。目前，一些学者发现气滞指数与小气道病变有关，是一项检测早期小气道病变指标。

（三）气速指数

气速指数（AVI）有助于鉴别通气功能损害的类型，测定方法：AVI = MVV/VC。因肺组织缺损或胸廓以及肺扩张受限制所引起的功能损害，VC 下降较 MVV 下降更为明显，AVI > 1.0。由于气道阻塞或肺的弹性回缩力减退引起的功能损害，MVV 的减低较 VC 的减低更为明显，AVI < 1.0。混合型通气功能障碍时，AVI 在 0.95 ~ 1.05 范围内，接近于 1。

(四) 阻塞指数

系指自 PEF 顶点向下 (FVC - L 轴) 作一垂线, 过其中点作一水平线, 分别交 MEFV 曲线的升支和降支于 A、B 两点, 据公式阻塞指数 = FVC/AB 则可得阻塞指数。其参考正常值为 1.6 ~ 2.2。

阻塞指数是反映 MEF - V 曲线降支坡度或向下凹陷程度较为敏感的指标。阻塞指数与 COPD 患者气道阻塞程度成正比, 因为气道阻塞愈重者其 MEF - V 曲线降支向下凹陷愈明显, AB 值愈小, FVC/AB 值则愈大, 气道阻塞程度也越重。

(五) 呼气流速峰值时间 (time at pef, TPEF)

呼气流速峰值的容量 (FEV PFF) 以及呼出 25% VC ~ 75% VC 的时限 [(time at FEF25, TFEF25)、(time at FEF50, TFEF50)、(time at FEF75, TFEF75)] 与呼吸肌力的变化有关。

(六) 平均排出时间和部分平均排出时间

MTT 为用力呼气肺量图平均排出时间 (mean transit time, MTT); MTT_p 为部分平均排出时间 (partial mean transit time, MTT_p)。MTT 是对大小气道阻塞均较敏感的指标, 可作为一项单独全面的肺功能测定指标。而 MTT_p 则是检测小气道病变非常敏感的指标, 对肺内气体排空时间的变化较敏感。在外周小气道阻塞时相差的慢排空单位增多, MTT 延长, MTT_p 延长更为明显。

目前肺功能仪一般只分析呼气流速 - 容量曲线部分, 随着科学的发展吸气流速也逐渐引起临床工作者的重视。临床观察发现, 吸气流速容量指标与上气道阻塞、呼吸肌力学、吸气肌群, 以及顺应性等方面有关, 具有一定临床诊断意义。如 VE50/VI50 对判断上气道阻塞类型很有帮助。固定阻塞型为 VE50/VI50 值近似等于 1。胸外气道阻塞可变型 VE50/VI50 值 > 1。胸腔内气道阻力可变型 VE50/VI50 值 < 1。

十、FVC、FEV₁、MTT、MTT_p 测量方法

(一) FVC

起点必须是最大吸气量位即 TLC 位。FVC 终点确定采用 1978 年美国胸科学会 (ATS) 推荐的方法: 0.5s 内容量相差少于 25ml 或容量低于 0.05L/s 作为终止点。

(二) FEV₁

起始点用后外推法。画后外推线标定 FVC 曲线的时间, 容量零点。1979 年由 ATS 推荐的标准化法, 用以补偿含糊的起点, 后外推的容量不超过 10%, FVC。

(三) MTT 和 MTT_p

MTT 以用力呼气肺量图 (FVC - t 曲线) 面积除以 FVC 求得。

$$\int Vdt = FVC \times MTT$$

$$MTT = \int Vdt / FVC$$

V 为任何时间 t 的容量变化; $\int Vdt = t/n [fvc/2 + (\sum n - 1V)]$; n 为时间轴上划分等分的数目; t/n 为每段所占的时间; $\sum n - 1V$ 代表被分成 n 等分的各个时间肺容量的和。

MTT_p 测定是将容量轴分成 10 等份, 然后计算每一个 10% FVC 用力呼气肺量图的面积