

呼吸内科疾病 规范化治疗

王善全 ◎著

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社

呼吸内科疾病规范化治疗

王善全 ◎ 著

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

呼吸内科疾病规范化治疗 / 王善全著. -- 天津 :
天津科学技术出版社, 2018.1
ISBN 978-7-5576-4516-8

I. ①呼… II. ①王… III. ①呼吸系统疾病-治疗学
IV. ①R560.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第038714号

责任编辑: 孟祥刚

责任印制: 王 莹

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

出版

出版人: 蔡 颢

天津市西康路35号 邮编 300051

电话 (022) 23332397

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京虎彩文化传播有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 27 字数 640 000

2018年1月第1版第1次印刷

2018年9月第2次印刷

定价: 135.00元

前 言

不同的呼吸系统疾病常有许多相似的临床症状、体征、影像学改变及其他辅助检查结果,全身性疾病也可累及呼吸系统而呈现与呼吸系统原发疾病相似的表现,这是导致临床延误诊断的重要因素,临床表现不典型时更是如此。因此,掌握不同疾病的鉴别诊断要点,在临床诊治过程中认真进行问诊和体检,合理安排辅助检查,并进行细致而全面的分析,对于及时做出正确的诊断非常有益。帮助临床医师更好地掌握呼吸系统疾病鉴别诊断要点是本书的出发点之一。

呼吸系统疾病诊疗技术的不断改进、新的诊疗技术不断涌现、新药的发展及临床治疗方案的不总结,使临床原有的一些治疗难题也得到了部分解决。本书在较系统地介绍呼吸系统疾病治疗方法的基础上,力求介绍一些新的诊疗技术和方法。我们希望本书对提高临床医师的呼吸系统疾病诊疗水平有所裨益。

由于时间较紧和水平有限,在编写的过程中存在不妥之处,望广大读者和同行指正。

编者

目 录

上篇 呼吸系统疾病诊疗技术

第一章 肺功能检查	(2)
第一节 肺容量与肺通气功能检查	(2)
第二节 小气道功能测定	(8)
第三节 肺弥散功能测定	(9)
第四节 呼吸动力学检测	(12)
第五节 支气管舒张试验和支气管激发试验	(14)
第二章 血气分析	(16)
第一节 动脉血气分析的作用	(16)
第二节 阴离子隙的临床应用	(17)
第三节 潜在 HCO_3^- 的临床应用	(18)
第四节 酸碱失衡预计代偿公式的临床应用	(18)
第五节 常用的考核酸碱失衡的指标	(20)
第六节 动脉血气分析的测定方法	(21)
第七节 酸碱失衡的判断	(22)
第三章 支气管镜应用	(26)
第一节 硬质支气管镜的应用	(26)
第二节 纤维支气管镜的应用	(28)
第三节 超声支气管镜的应用	(38)
第四章 胸腔和肺穿刺术	(43)
第一节 胸腔穿刺术	(43)
第二节 经皮肺穿刺活检术	(45)
第三节 经皮穿刺胸膜活检术	(47)
第五章 机械通气的应用	(53)
第一节 呼吸机的发展史与分类	(53)
第二节 机械通气的适应证和禁忌证	(54)
第三节 机械通气对生理的影响	(56)
第四节 常用的机械通气模式	(58)

第五节	呼吸机的调节	(68)
第六节	肺保护通气策略	(70)
第七节	机械通气有关的并发症及其处理原则	(72)
第八节	呼吸机撤离、拔管	(78)
第九节	机械通气的护理	(80)
第十节	人工气道的气囊管理	(83)
第十一节	机械通气在心源性肺水肿治疗中的应用	(85)

下篇 呼吸系统疾病治疗

第六章	上呼吸道、气管及支气管疾病	(88)
第一节	急性上呼吸道感染	(88)
第二节	流行性感冒	(90)
第三节	急性气管-支气管炎	(95)
第四节	弥漫性泛细支气管炎	(97)
第五节	慢性阻塞性肺疾病	(100)
第六节	支气管哮喘	(108)
第七节	支气管扩张症	(120)
第八节	支气管结石症	(124)
第九节	肺不张	(125)
第七章	感染性肺疾病	(129)
第一节	细菌性肺炎	(129)
第二节	厌氧菌肺胸膜感染	(156)
第三节	肺部真菌病	(161)
第四节	病毒性肺炎	(181)
第五节	立克次体肺炎	(195)
第六节	肺炎支原体肺炎	(200)
第七节	衣原体肺炎	(203)
第八节	肺部寄生虫病	(209)
第九节	肺结核	(230)
第十节	非结核分枝杆菌肺病	(243)
第十一节	肺脓肿	(247)
第八章	非感染性肺炎	(251)
第一节	放射性肺炎	(251)
第二节	吸入性肺炎	(255)
第三节	类脂质性肺炎	(259)

第九章 弥漫性间质性肺疾病	(263)
第一节 特发性肺纤维化	(263)
第二节 脱屑性间质性肺炎	(276)
第三节 闭塞性细支气管炎伴机化性肺炎	(277)
第四节 特发性肺含铁血黄素沉着症	(279)
第五节 肺出血-肾炎综合征	(282)
第六节 外源性变应性肺泡炎	(286)
第七节 肺泡蛋白沉着症	(289)
第八节 药物导致的肺部疾病	(294)
第九节 肺朗格汉斯细胞组织增生症	(298)
第十章 胸膜疾病	(303)
第一节 气胸	(303)
第二节 血胸	(310)
第三节 脓胸	(313)
第四节 结核性胸膜炎	(315)
第五节 乳糜胸	(320)
第六节 恶性胸腔积液	(323)
第七节 其他原因引起的胸腔积液	(333)
第八节 胸膜间皮瘤	(334)
第十一章 肺部肿瘤	(342)
第一节 肺癌	(342)
第二节 支气管、肺良性肿瘤及瘤样病变	(382)
第三节 肺部其他原发性恶性肿瘤	(401)
第十二章 先天性肺疾病	(405)
第一节 先天性肺未发生	(405)
第二节 先天性肺未发育	(407)
第三节 先天性肺发育不良	(408)
第四节 弯刀综合征	(410)
第五节 透明肺	(411)
第六节 肺隔离症	(414)
第七节 先天性囊状腺样畸形	(417)
第八节 先天性支气管肺囊肿	(418)
第九节 肺动静脉瘘	(420)
参考文献	(423)

上篇 呼吸系统疾病诊疗技术

第一章 肺功能检查

肺的主要功能是呼吸,目的是吸入外界的氧气和排出体内产生的二氧化碳。肺的呼吸功能受气道阻力、肺泡的状态、呼吸膜的面积及厚度、肺通气/血流比、呼吸肌力量、呼吸中枢及其传导神经的功能状态等因素影响。肺功能检查(pulmonaryfunction test)主要是检测肺容量、肺通气功能、肺弥散功能、呼吸动力学指标等,必要时借助药物和运动的影响,进行支气管舒张试验和支气管激发试验,以对影响呼吸功能的各种疾病的病理生理状况进行界定,进而指导临床诊断和治疗。

第一节 肺容量与肺通气功能检查

一、肺容量的测定

肺容量(lung volume)是指静息状态下,一次呼吸所出现的容积变化,不受时间限制,为基本肺功能检查项目,分为 4 项基础肺容积和 4 项基础肺容量。

(一)肺容量及其组成(图 1-1)

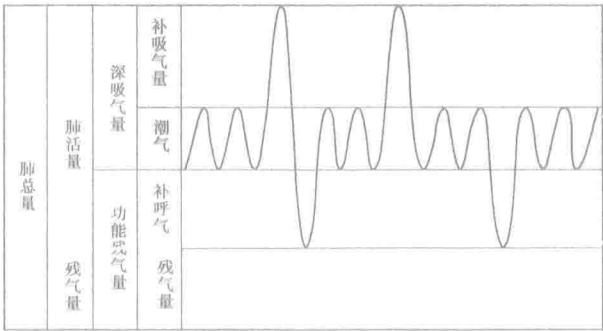


图 1-1 肺容量及其组成示意

- 1.潮气量(tidal volume,VT)
在平静呼吸时,每次吸入或呼出的气量。正常人为 500mL。
- 2.补吸气量(inspiratory reserve volume,IRV)
在平静吸气后所能吸入的最大气量。正常男性约 2160mL,女性约 1500mL。
- 3.补呼气量(expiratory reserve volume,ERV)
在平静呼气后所能继续呼出的最大气量。正常男性约 910mL,女性约 560mL。
- 4.残气量(residual volume,RV)
补呼气后,肺内不能呼出的残留气量。正常男性约(1380±631)mL,女性约(1301±

486)mL。

以上4项为基础肺容积,彼此互不重叠。

5. 吸气量(inspiratory capacity, IC)

平静呼气后能吸入的最大气量,由 $VT + IRV$ 组成。正常男性约2600mL,女性约1900mL。

6. 肺活量(vital capacity, VC)

最大吸气后所能呼出的最大气量,由 $IC + ERV$ 组成。正常男性约3470mL,女性约2440mL。

7. 功能残气量(functional residual capacity, FRC)

平静呼气后肺内所含有的气量,由 $ERV + RV$ 组成。正常男性约 (2270 ± 809) mL,女性约 (1858 ± 552) mL。

8. 肺总量(total lung capacity, TLC)

深吸气后肺内所含有的总气量,由 $VC + RV$ 组成。正常男性约 (5090 ± 866) mL,女性约 (3996 ± 832) mL。

以上4项为基础肺容量,由2个或2个以上的基础肺容积组成。

(二) 测定方法

1. 直接测定

潮气容积、深吸气量、补呼气容积、补吸气容积和肺活量可直接通过肺量计测定。受检者取坐位,加鼻夹,口含住与肺量计相连的咬口进行测定。肺活量测定方法可分为一次法和分次法两种:深吸气后做最大呼气为一次呼气肺活量(expiratory vital capacity);深呼气后做最大吸气为一次吸气肺活量(inspiratory vital capacity)。将分别测定的深吸气量和补呼气量相加即为分次肺活量。肺活量共测3次,3次测得的差值应 $\leq 5\%$ 。所得的气量均须以体温、大气压和饱和水蒸气状态校正。

功能残气量及残气容积:不能直接用肺量计来测定,可通过气体分析方法间接测算,测定气体不能与肺进行气体交换的气量,常用的有两种方法:密闭式氦稀释法和密闭式氮稀释法。

(1) 密闭式氦(He)稀释法

原理:用一定容积的已知氦浓度的氦-空气混合气体与肺内的残气相平衡。按氦浓度的稀释度来计算残气量。

测定方法:受检者取坐位,在平静呼气末,与一定容积的已知氦-空气混合气体进行重复呼吸至肺内与肺量计中的氦浓度完全平衡止,通过下列公式计算出功能残气量与残气容积。

$$FRC = (\text{He 初始读数} - \text{终末读数}) \times (\text{筒容} + \text{仪器死腔}) / \text{He 终末读数}$$

$$RV = FRC - ERV$$

两次测定间隔20min,正常人的测定差异可在 $\pm 5\%$ 范围内。

(2) 密闭式氮稀释法

原理:肺量计内充入5000mL纯氧。受检者在平静呼气末与肺量计相连,重复呼吸使肺量计内的氮浓度与肺内的氮达到平衡。由肺量计中的氮浓度,通过下列公式,计算出功能残气量。

$$FRC = \frac{y(a-b) - (c+e) \times 100}{79.1 - y} - d$$

- 1)肺量计中充入的氧量(mL)。
- 2)重复呼吸机体的耗氧量。
- 3)重复呼吸体内排氮量约为 8mL。
- 4)肺量计死腔容积。
- 5)肺量计内氧的含氮量。
- 6)重复呼吸后肺量计中氮浓度。

2.总量测定

可由肺活量+残气容积或由深吸气量+功能残气量求得,也可由肺活量通过以下公式推算。

15~34 岁:VC/0.8×100

35~49 岁:VC/0.75×100

>50 岁:VC/0.65×100

(三)临床意义

深吸气量为肺活量的主要组成部分,约占肺活量的 2/3,可以反映肺及胸廓的顺应性和参与吸气的肌肉力量。

补呼气容积约占肺活量的 1/3,反映气道的通畅度和呼气肌力量。

肺活量实测值最高值与预计值相比,差值<20%者属于基本正常,VC 正常值判定 80%≤实测/预计%<120%。正常人吸气肺活量、呼气肺活量和分次肺活量均相等。阻塞性肺疾病时,气道易于塌陷或闭合,补呼气量受影响,吸气肺活量大于呼气肺活量,分次肺活量大于一次肺活量。肺活量减小见于胸廓、肺扩张受限、气道阻塞、肺组织损害等。

功能残气量与残气容积改变,通常是同时存在的。常随年龄增长而增加。容积增加见于胸廓和肺弹力减退或气道阻力增加,如肺气肿、支气管哮喘。临床上,常以残气容积/肺总量%(RV/TLC%)作为考核指标(表 1-1)。功能残气量减少,见于肺间质纤维化、肺切除术后等。

表 1-1 阻塞性通气障碍导致的肺气肿考核标准

肺气肿程度	RV/TLC%
正常	<35
轻度肺气肿	40~50
中度肺气肿	51~60
重度肺气肿	>60

肺总量在健康人实测值与预计值相比的差异为±15%~±20%。肺总量增加见于肺气肿、老年肺,减少见于限制性肺疾病,如弥漫性肺间质纤维化、肺占位性病变、肺组织受压、充血性心脏病等。

VC 及 TLC 降低是限制性通气功能障碍的特点。见于呼吸运动受限者。

二、肺通气功能的测定

肺通气功能又称动态肺容积,是指在单位时间内,随呼吸运动进出肺的气量和流速。凡能影响呼吸频率和呼吸幅度的生理、病理因素,均可影响通气功能。通气功能测定是肺功能测验的最基本内容。

(一)测定内容

1.每分钟静息通气量(minute ventilation, VE)

静息状态下,每分钟进出肺的气量,等于潮气容积与呼吸频率的乘积。正常男性约 (6663 ± 200) mL,女性约 (4217 ± 160) mL。 >10 L 为通气过度, <3 L 为通气不足。由于通气功能有极大的储备,除非有严重通气障碍,一般静息通气量不会出现异常。

2.肺泡通气量(alveolar ventilation, VA)

在吸气时进入肺泡的有效通气量。肺泡通气量 $=$ (潮气容积 $-$ 无效腔量) $\times$ 呼吸频率。

3.无效腔量

呼吸道中不进行气体交换的传送气道(口腔、鼻腔、咽、喉、气管和支气管)称解剖无效腔,与年龄、性别、体表面积等有关。留存于解剖无效腔内,不参与气体交换的气量,称为无效腔气,即死腔量,正常约 150mL。正常情况下,无效腔量/潮气量的比值为 0.3~0.4,比值越大,即无效腔量大,有效通气量越小。

4.最大通气量(maximal voluntary ventilation, MVV)

在单位时间内以最大幅度最快速度进行呼吸的最大气量。正常男性约 (107 ± 2.71) L,女性约 (82.5 ± 2.17) L。

5.用力肺活量(forced vital capacity, FVC)

深吸气后以最大的力量最快的速度所达到的最大呼气肺活量。正常人 $FVC = VC$,有气道阻塞时 $FVC < VC$ 。

6.呼气高峰流量(peak expiratory flow rate, PEFR)

在 TLC 位,猛力快速之最高呼气流速,受性别、年龄及身高的影响。

(二)测定方法

(1)肺泡通气量不能用肺量计直接测定。一般先测定生理死腔量(V_D),然后由 $V_A = (V_T - V_D) \times RR$ (呼吸频率)求出。

(2)最大通气量:受检者取坐位,加鼻夹,与肺量计相连做每秒 1 次的最大呼吸,连续 12 次,累计 12 次的呼气量乘以 5 为每分钟最大通气量。通常根据实测值占预计值(%)进行判定, $<80\%$ 为异常。

(3)用力肺活量:受检者取坐位,加鼻夹,口含与肺量计相连的咬口,深吸气后尽可能快而用力地做一深呼气,记录其用力呼气肺活量曲线,共测 3 次,最佳差异 <100 mL,取 FVC 及 FEV1 均为最大值者为最佳曲线,并计算出第 1、2、3 秒所呼出之气量占 FVC 的百分率,正常值分别为 83%、96%、99%。一般以第一秒用力呼气量(FEV1)及第一秒用力呼气量占用力肺活量百分率(FEV1/FVC%或 FEV1%)作为判定指标,其正常值前者男性约 (3179 ± 117) mL,女性约 (2314 ± 48) mL;后者均应 $>80\%$ 。FEV1% $<70\%$ 说明气道阻塞,常见于慢性阻塞性肺疾病;可逆性气道阻塞如支气管哮喘,应用支气管扩张药后能使 FEV1%得到改善。

4. 呼气高峰流量

受检者取立位,加鼻夹,吸足气后,猛力快速用最高呼气流量向仪器内吹气,记录表上读数。测定3次,每次间隔至少1min,3次读数相差在5%以内,取最大值。

(三) 临床意义

肺泡通气量即有效通气量,有助于了解肺部疾病对呼吸功能损害的严重程度,如慢性阻塞性肺疾病(COPD)及肺栓塞使生理死腔增加,肺泡通气量下降。肺泡通气量不足,将导致缺氧与二氧化碳潴留。肺泡通气量增加可导致呼吸性碱中毒。

最大通气量是一项简单的负荷试验,用以衡量肺组织的弹性、气道阻力、胸廓的弹性和呼吸肌的力量。通常作为外科手术的指标,尤其是胸科手术的重要风险指标,实测值占预计值 $>80\%$ 属于正常, $<50\%$ (同时 $FEV_1<1.5L$)胸科手术应慎重考虑或列为禁忌,非胸科手术应酌情考虑。最大通气量是一项较剧烈的呼吸运动,体弱、严重心肺疾病患者及咯血患者均不宜做此检查,可通过 FEV_1 推算求得,有两种方法:(通常由此算出结果比实测值大)①最大通气量 $=33\times FEV_1+9.01$;②最大通气量 $=FEV_1\times 35L$ 。

但作为通气功能储备能力的考核指标,多以通气储量的百分比表示,常用于胸外科手术前肺功能状况的评价和职业病劳动能力鉴定等。

$$\text{通气储量} = \frac{\text{最大通气量} - \text{静息通气量}}{\text{最大通气量}} \times 100\%$$

提示在基础条件下,正常值应 $>95\%$, $<86\%$ 提示通气功能储备不佳, $<70\%$ 为胸科手术禁忌。

$$\text{气速指数} = \frac{\text{最大通气量实测/预计值}\%}{\text{肺活量实测/预计值}} \%$$

对阻塞性或限制性通气功能损害的鉴别有一定价值, <1.0 为阻塞性, >1.0 为限制性。

用力肺活量可以反应较大气道呼气期的阻力。是COPD辅助诊断与疗效考核的良好指标,操作简便、快速,易得到患者的合作,重复性强,正常人 $FEV_1\%>80\%$, $<70\%$ 提示有气道阻塞。

利用支气管舒张药(常用 β 受体激动药沙丁胺醇气雾剂)进行支气管舒张试验可以测定气道阻塞的可逆性,通常采用 FEV_1 计算改善率。

$$\text{改善率}(\%) = \frac{\text{用药后测得值} - \text{用药前测得值}}{\text{用药前测得值}} \times 100$$

COPD患者可有改善。改善率在 15% 以上才判为阳性, $15\% \sim 24\%$ 为轻度可逆, $25\% \sim 40\%$ 为中度可逆, $>40\%$ 为高度可逆。支气管哮喘患者改善率均在 25% 以上。

呼气高峰流量是一项简便的肺功能测验方法,广泛应用于呼吸疾病的流行病学调查,尤其对支气管哮喘病情、疗效的判断更为实用,常用于哮喘病人24h病情的动态观察以指导用药。呼气高峰流量受性别、年龄、身高的影响,与年龄呈负相关,与身高呈正相关。其正常变异较大,可用实测/预计值%表示, $>78\%$ 属正常。哮喘患者用微型最高呼气流量仪测定,PEFR最小值出现在凌晨0~5时。

$$24 \text{ 小时 PEFR 波动率} = \frac{\text{PEFR 最大值} - \text{PEFR 最小值}}{\text{PEFR 最大值}} \times 100$$

>20%为异常,支气管哮喘无论是缓解期或是发作期其波动率均>20%。

(四)临床应用

通气功能障碍有 3 种基本类型,即阻塞性、限制性、混合性。

根据 VC、MVV、FEV1%、RV 及 RV/TLC 来判断通气障碍类型及程度(表 1-2)。

表 1-2 通气功能障碍类型的鉴别

类型	VC	MVV	FEV1%	RV	RV/TLC
阻塞性	N 或 ↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
限制性	↓↓	↑ 或 N	N 或 ↑	↓	N 或 ↑
混合性	↓	↓	↓	不等	不等

1.限制性通气功能障碍

指肺扩张受限制引起的通气障碍,常见于肺间质疾病、肺占位性病变、胸膜疾病、胸壁脊柱疾病等。通常肺功能指标 VC(FVC)、TLC、RV 等均下降,常见病因如下。

- (1)肺变小:手术切除后,间质纤维化、间质性肺炎、肿瘤、硅沉着病等。
- (2)胸廓活动受限:胸腔积液,胸膜增厚、粘连,胸廓畸形。
- (3)胸腔受压:腹水、妊娠、肥胖等。
- (4)呼吸肌无力:膈肌疲劳、肌无力、肌萎缩、营养不良等。
- (5)单侧主支气管完全性阻塞。

2.阻塞性通气功能障碍

指气道阻塞或狭窄而引起的气体流量下降所致通气功能障碍,常见于咽喉部肿瘤、水肿、气管和气管周围疾病以及肺气肿等。通常肺功能指标 FEV1、FEV1/FVC、MMEF、MVV 均下降,TLC 和 RV 可增高。常见病因如下。

- (1)气管支气管疾病、气管肿瘤、狭窄等:如支气管哮喘、慢性阻塞性支气管炎、闭塞性细支气管炎。
- (2)肺气肿、肺大疱。
- (3)其他原因不明的如纤毛运动障碍。

3.混合性通气功能障碍

兼有阻塞和限制性因素的存在。肺功能指标 VC 下降,FEV1/FVC、流量、MVV 均下降;TLC 和 RV 无增高。常见原因如下。

- (1)慢性肉芽肿疾病:结节病、肺结核。
- (2)肺囊性纤维变和支气管扩张。
- (3)硅沉着病、煤尘肺。
- (4)充血性心力衰竭。

第二节 小气道功能测定

小气道定义:吸气状态下气道管口径直径 $<2\text{mm}$ 的小支气管及终末细支气管,它包括10级以下的细支气管、终末细支气管和部分内径较小的小支气管。这些区域发生阻塞性病理改变,统称为小气道疾病,如慢性支气管炎、支气管哮喘、肺气肿等。

生理特点:①总横断面积大,气流速度慢,阻力小;②管腔狭窄,易因黏液、炎性分泌物和黏膜肿胀等而致阻塞;③纤毛柱状上皮减少,黏液等不易排出;④管壁薄,局部防御能力薄弱,炎症时易波及全层。

一、测定内容

小气道疾病是 COPD 早期的病理生理基础,在临床上多无症状,通常在胸部 X 线及反映大气道的常规肺功能测定中均基本正常,不利于 COPD 的早期诊断。以下介绍两种测定方法,分别为最大呼气流量-流速曲线和闭合气量曲线,另一种动态顺应性的频率依赖性将在呼吸动力学中讲解。

1. 最大呼气流量-容积曲线(maximal expiratory flow-volume curve, MEFV)

指从 TLC 位一次用力呼气至 RV 位过程中,用 X-Y 记录仪(X 轴为容量, Y 轴为流量)描绘出肺容量及相应气流速度的曲线,以肺活量的 75%、50%、25% 时的流量为定量指标,通常以 $\text{FEF}_{50\%}(\text{V}_{50})$ 、 $\text{FEF}_{25\%}(\text{V}_{25})$ 、 $\text{FEF}_{75\%}(\text{V}_{75})$ 表示,为用力呼气 50%(或 25%、75%)时的瞬间流速。原理是以等容积压力-流速曲线为基础,以等压点学说为理论的。Mead 等(1964 年)根据流速-容量曲线的分析提出等压点(equal pressure point)学说,指在呼气过程中,气道内压力逐渐下降,达到胸内压的水平,即促使气道扩张的气道内压与促使气道塌陷的胸内压两种压力相等的那点。其中, $\text{FEF}_{50\%}(\text{V}_{50})$ 、 $\text{FEF}_{25\%}(\text{V}_{25})$ 是反映小气道阻力最敏感的指标。

2. 等流量容积(volume of isoflow, $\text{V}_{\text{iso}}-\text{V}$)

吸入 80% 氮和 20% 氧的混合气达 TLC 位后,一次用力呼气至 RV 位,描记出 MEFVHeO_2 与 MEFV 空气两个曲线相交处所示的肺容量即为等流量容积。

3. 闭合容积(closing volume, CV)

从肺总量(TLC)位一次呼气过程中,在下肺区小气道开始塌陷时,上肺区气道继续呼气至结束的肺活量。通常以 $\text{CV}/\text{VC}\%$ 表示,正常值 $<15\%$ 。

4. 闭合容量(closing capacity, CC)

从 TLC 位一次呼气过程中,在下肺区小气道开始塌陷时肺内留存的气量。 $\text{CC}=\text{CV}+\text{RV}$ 。通常以 $\text{CC}/\text{TLC}\%$ 表示,正常值 $<15\%$ 。

二、测定方法

1. 最大呼气流量-容积曲线

受检者取立位,加鼻夹,口含纸筒,平静呼吸 2~3 次缓慢吸气至 TLC 位,然后尽快用力一次呼气至 RV 位。

2. 等流量容积曲线

受检者取立位,加鼻夹,口含纸筒测定吸空气流量-容积曲线后,休息片刻,然后呼吸80%氮和20%氧混合气做2次肺活量以冲洗肺泡氮。第3次吸入氮氧混合气至TLC位后做最大呼气流量-容积曲线。将此曲线复绘于第一次流量-容积曲线上。

3. 闭合容积

测定原理是利用吸入标记气体后肺上部和下部分布的浓度不等,呼出时上下肺部浓度各异的气体又是非同步排空的差异来计算,目前主要有弹丸法和氮气法。

(1)弹丸法(bolus technique):用氮作为指示气体,嘱受试者在用力呼气至残气位后,缓慢吸气,于吸气开始插入一定数量(约10%V_{VC})指示气体(氮气),吸气至肺总量位后,再缓慢而均匀地将气体完全呼出至残气位。由于上肺气体先“进”后“出”,在浓度描记曲线的尾端,可出现指示气体浓度陡然上扬曲线。闭合容积曲线分为4段,Ⅰ段为不含指示气体的死腔气;Ⅱ段为气道与肺泡之混合气,指示气体浓度急剧上升,曲线斜行向上;Ⅲ段为各区域肺泡呼出气体的混合气,由于各区气体同步呼出,混合气中指示气体浓度大致相同,曲线是高浓度的水平线,有“肺泡坪”(alveolar platen)之称,此相可出现心源波动;Ⅳ段:由于下肺小气道开始闭合,含有较高浓度的指示气体开始从上肺呼出,曲线明显上升,呈上扬型。

(2)氮气法或称残气稀释法(residual gas technique):用空气中不参与气体交换的氮气作指示气体,要求受试者用力呼气至残气位,然后吸入纯氧至肺总量,最后缓慢而均匀地将气体完全呼出至残气位。在残气位时上肺区的残气容积大,氮气含量高,同时通气量又小,肺底部的残气容积小,氮气含量低,而通气量又大,稀释后浓度低,造成上肺氮浓度高于下肺。当呼气接近残气位时,由于下肺受胸内压大,小气道闭合,此时呼出气体主要来自上肺,在浓度描记曲线上出现浓度陡然升高的上扬型。

三、临床应用

不同疾病时流速-容量曲线的特点

(1)慢性支气管炎:呼气部分气流速度较正常人显著降低,而吸气部分变化不大。其理由是肺受限,支气管内径也同样变小,阻塞性障碍虽轻,但影响面积较大,呼气终末端的流速-容量曲线可反映大气污染的影响和老年性变化。

(2)肺尘埃沉着病:呼气流速和吸气流速同等降低。

(3)肺气肿:则以呼气流速受损为主要特征。在阻塞性障碍时,曲线的最大呼气曲线左移。慢性阻塞性肺气肿病人在呼气肺活量75%时,流速即明显下降,其特点表现存在曲线中段凹向X轴。当病情十分严重时,曲线可呈低平型,而吸气图形变化不明显,呼气部分流速较吸气部分明显降低。

第三节 肺弥散功能测定

肺弥散(D_L)是指肺泡气和肺泡毛细血管内血液通过肺泡血气屏障进行气体交换的过程。 CO_2 弥散能力比氧分子大20倍,故临床上一般不存在 CO_2 弥散障碍。目前一般以CO来测

定肺弥散功能,因为 CO 弥散入血后迅速与血红蛋白结合,亲和力非常高,在吸入测定所需量的 CO 过程中能始终保持血中 CO 分压为零,可避免瞬间测定血中 CO 分压的困难。衡量弥散功能的指标是以肺泡毛细血管膜两侧气体分压差 1mmHg 单位时间(1min)内通过的气量。

$$\text{弥散量} = \frac{1\text{min 通过呼吸膜的气量}}{\text{肺泡内气体分压}-\text{肺毛细血管气体分压}}$$

弥散功能取决于以下 5 个因素。①气体的弥散面积:即气体与呼吸膜接触的面积,任何使弥散面积减少的原因如肺切除、肺血管栓塞、肺气肿等,均使肺泡和毛细血管面积减少,气体弥散量也降低。②呼吸膜的厚薄或其通透性的大小:正常肺泡毛细血管膜的最短距离仅约 0.2 μm ,平均约 1 μm ,有些心肺疾病可造成肺泡内和(或)肺间质水肿,有些则基于肺纤维化或肺血管硬化而使肺泡壁或肺毛细血管壁增厚,如肺尘埃沉着病、肺水肿、慢性阻塞性肺疾病、二尖瓣狭窄等,均可使弥散发生病理性阻滞,称为肺泡毛细血管性阻滞。③气体与血液的接触时间:在休息时,接触时间平均 0.7s,剧烈运动时减为 0.34s。④肺泡内和肺毛细血管内气体的压力差。⑤氧气与二氧化碳的理化性质:由于二氧化碳的溶解性大,其弥散能力比氧气大 20 倍,且因碳酸酐酶的作用,所以二氧化碳向肺泡的弥散容易,氧气的弥散受到血红蛋白量的影响,贫血会削弱其弥散能力。

一、测定方法

CO 与血红蛋白的亲和力比氧气大 210 倍,能迅速透过呼吸膜、毛细血管壁与血红蛋白结合,使血浆中 CO 几乎等于零,因此,肺泡与毛细血管血液间的 CO 分压差就等于肺泡中的 CO 分压。通过测定 CO 弥散量间接推算氧弥散量。

$$\text{CO 弥散量} = \frac{\text{每分钟 CO 吸收量}}{\text{肺泡 CO 分压}}$$

$$\text{氧气弥散量} = 1.23 \times \text{CO 弥散量}$$

临床上常用一口气呼吸法测定 CO 弥散量。

一口气呼吸法(single-breath CO method):受检者取坐位,加鼻夹,含口嘴平静呼吸 3~5 次后,缓慢呼气至残气位后,用力吸入混合气体(含 0.3% CO, 10% He, 89.7% 空气)至肺总量位,屏气 10s 后,将气体快速呼出,收集后呼出的肺泡气 0.75~1L,分析 CO 与 He 浓度,肺一氧化碳弥散量(DLCO)计算公式:

$$D_{\text{LCO}} = \frac{V_A}{t(P_B - 47)} \times \ln \frac{F_0}{F_1}$$

$$F_0 = F_1 \text{CO} \times \frac{F_A \text{He}}{F_1 \text{He}}$$

V_A 屏气时的容积,等于残气量加上吸入气量; t 屏气时间(s); $\ln$ 自然对数; F_0 和 F_1 分别代表屏气前和屏气 t 秒后肺泡气 CO 的分浓度; $F_1 \text{CO}$ 吸入气 CO 浓度(%); $F_1 \text{He}$ 吸入气 He 浓度(%); $F_A \text{He}$ 呼出标本气中 He 浓度(%)。

该方法简便,无创,易操作,快捷,相对测定精确性为中等。但易受通气血流比例失衡的影响;不宜用于运动试验;因需屏气 10s,不适于严重气短的患者;因需足够的采样容积,不能用于 $\text{FVC} < 1\text{L}$ 的患者。可用于筛选检查和临床诊断。