

介绍两种简便的小气道病检测方法

——最大流速容量曲线和用力呼气曲线

中国医科大学附属第一医院呼吸疾病研究室 祝尔诚 于润江

一、小气道的解剖学及生理学特点

小气道是指约相当于7级气管以下,内径小于2mm的周围细支气管。解剖学上它具有管腔纤细、管壁菲薄、软骨组织缺如,缺乏纤毛上皮细胞等特点,故在外力压迫或牵拉时易变形、扭曲直至陷闭。各种疾病所至的炎症易扩散至管壁及周围组织,引起反复弥漫性炎症。在生理学方面,小气道管腔总截面积数十倍于气管,气流阻力低,即使在10%肺活量位占全肺阻力仍不到20%,故周围气道发生严重阻塞时气道总阻力仍无明显改变。临床通常在低肺容量位才能检测到小气道通气功能异常。实验证明吸烟、大气污染、感染、身体素质及工业性肺损伤等因素都可以引起小气道病变。这些病变促使肺内空气陷闭,机械性破坏肺泡隔以及发生远端慢性肺炎等都可能成为COPD最早期病变之一。

二、小气道病的检测方法及其原理

下面介绍两种常用及简易的检测方法:

(一) 最大呼气流速-容积曲线 (maximal expiratory flow-volume curve, MEFV或 $\dot{V}$ -V曲线)

本曲线是以肺容积V为横轴,呼气流速 $\dot{V}$ 为纵轴描记的用力呼气图形(图1)。本法简便,重复性强,检出的临床意义可靠,故常规应用于临床。

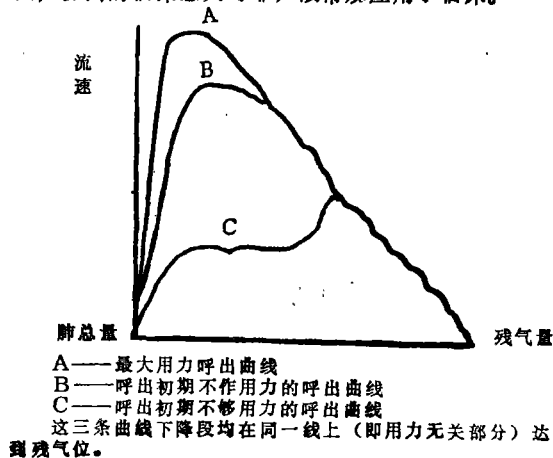
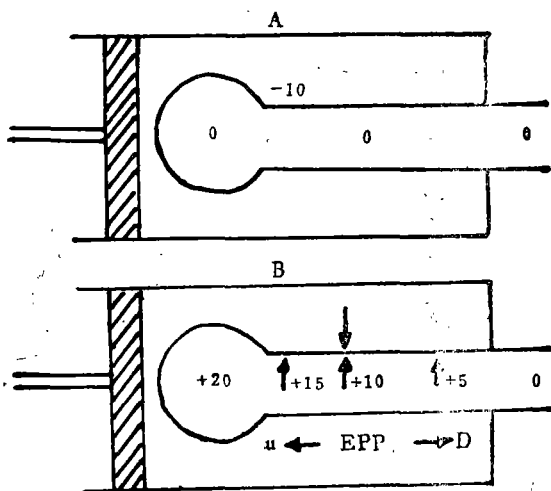


图1 流速-容积曲线

图1 A曲线的顶点为峰流速(PF),它取决于中央气道阻力和呼气肌力。约75%VC位以后 $\dot{V}$ -V曲线逐渐下降,即使再作努力呼气也不会使流速增加,故该段为用力无关部分,其流速称为最大呼气流速,简称 $\dot{V}_{max}$ 。 $\dot{V}_{max}$ 在75%、50%、25%等肺活量位分别记为 $\dot{V}_{75}$ 、 $\dot{V}_{50}$ 、 $\dot{V}_{25}$ 等。

Mead等用等压点理论(Equal Pressure Point theory, EPP)解释了 $\dot{V}_{max}$ 的形成。参见图2。



EPP——等压点 u——逆流段 D——顺流段

图2 肺泡内外压力模式图

图2 代表两个肺泡模型。A为呼吸停止状态。B是呼气时的肺泡模型。气道壁所接受的压力是肺泡内压 P_{alv} 和肺泡的弹性回缩压 P_{el} 之和,等于肺泡内压 P_{pl} 。呼气时如果 $P_{alv} = +20\text{cmH}_2\text{O}$, $P_{el} = -10\text{cmH}_2\text{O}$, 则 $P_{pl} = -10 + 20 = +10\text{cmH}_2\text{O}$ 。气道内压因阻力向开口部逐渐降低,在 P_{el} 与 P_{pl} 压力相等的一点称为EPP。由EPP至肺泡间的逆流段(up-stream segment),气道受到外部牵引,由

EPP 向开口侧的顺流段(down-stream segment), 因受到压迫某一点将发生闭塞。用力呼气时 EPP 向肺侧移行, 此时 $\dot{V}_{\max}$ 则应等于 P_{el} 与逆流段阻力 R_{us} 的比值, 即 $\dot{V}_{\max} = P_{el}/R_{us}$ 。因此当小气道阻力增加或肺气肿病人 P_{el} 降低时易引起 $\dot{V}_{\max}$ 降低。

滝岛1972年用Otis的时间常数理论来解释 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线的形态。他认为: 在各通气单位气体自肺泡排出到口腔的时间在理想条件下是一个常数, 等于肺顺应性的有效值与气道阻力的乘积($R \times C$)。当各肺通气单位 RC 分布不均等时 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线的下降段呈凹形。

$\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线的分析方法主要有: (1) 曲线的形态分析, 正常人努力呼气达 PF 后, $\dot{V}_{\max}$ 逐渐减小, 下降段近似一条直线。下降段呈凹形时提示小气道通气功能障碍。慢性气管炎、肺气肿等随病情进展, 下降段进一步降低, PF 呈提前出现的尖峰形改变, 这是由于 P_{el} 显著减低, 努力呼气时较高位气管腔突然被压陷所致。观察静息与努力呼气流速的差异可判断呼吸储备能力。另外肺纤维化及各种疾病中 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线也常有其代表形态。(2) 各肺活量位的 $\dot{V}_{\max}$ 常用 $\dot{V}_{15}$ 、 $\dot{V}_{50}$ 、 $\dot{V}_{25}$ (L/S) 及 $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$, 有时用身长标化。郭先健等报告正常值预计公式为:

$$\begin{aligned} \text{男: } \dot{V}_{50} &= 5.080 - 0.0344A \\ \dot{V}_{25} &= 2.6045 - 0.0344A \\ \dot{V}_{50}/\dot{V}_{25} &= 0.0898A + 0.1461 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{女: } \dot{V}_{50} &= 4.1599 - 0.0331A \\ \dot{V}_{25} &= 2.2330 - 0.0331A \\ \dot{V}_{50}/\dot{V}_{25} &= 0.0937A + 0.2162 \quad A = \text{年龄} \end{aligned}$$

体力劳动工人 $\dot{V}_{\max}$ 较高, 本文作者报告正常值预计公式:

$$\begin{aligned} \text{男性: } \dot{V}_{50} &= 3.0457 + 0.16271A - 0.00252A^2 \\ \dot{V}_{50}/H &= 1.8312 + 0.0935A - 0.00143A^2 \\ \dot{V}_{25} &= 2.1447 + 0.02531A - 0.068A^2 \\ \dot{V}_{25}/H &= 1.2745 + 0.01400A - 0.00038A^2 \\ A &= \text{年龄} \quad H = \text{身高(cm)} \end{aligned}$$

$\dot{V}_{\max}$ 的异常范围通常在正常预计值 70% 以下。

除以上常用指标外, 还有一些衍生的指标或观测方法, 如 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线下面积 AFVx 是用求积仪测得后与预计值比较。 $\dot{V}_{15}$ 至 $\dot{V}_{50}$ 、 $\dot{V}_{50}$ 至 $\dot{V}_{25}$ 等的平均斜率及其比值 MTCx 能较好地反映 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线的全貌。部分呼气流速容积曲线 PEFV 的特点是仅需吸气至 40% VC 位, 适用于儿童以及其它。

(二) 用力呼气曲线 (forced expiratory spir-

ogram)

用力呼气曲线首先由 Tiffeneau 等应用于临床。本测定仅需肺量计, 而测得的 FEV_{15} 、 $FEV_{1-50}\%$ 等是临床最重要的肺功指标, 故为常规测定项目。其中小气道的指标主要是弃去曲线前后受呼气努力影响的部分, 取 25~75%、75~80% 肺活量位的平均流速, 即中末段平均流速 FEF_{25-75} 、 FEF_{75-85} 等指标。参见图 3。从用力呼气曲线与 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线的相互关系可以看出 FEF_{25-75} 、 FEF_{75-85} 正相当于 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线下降支中非努力依赖段的平均斜率, 故与

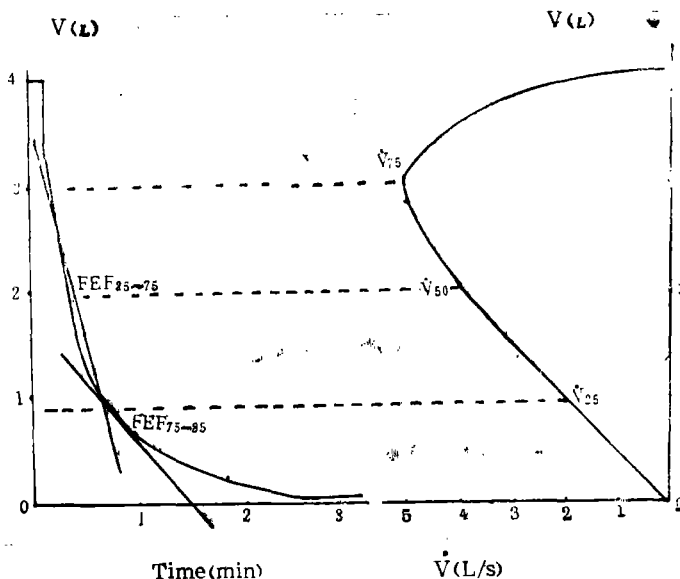


图3 用力呼气曲线与 $\dot{V}$ - $\dot{V}$ 曲线

$\dot{V}_{\max}$ 高度相关。可以反映小气道功能状态。用力呼气曲线在理想条件下, 可以解析为: $V = FVC \cdot e^{-t/\tau}$,

Cara 等将实际测定的曲线绘迹于半对数纸上发现可分解为二个指数参数的和, $y = C_v(A_1 e^{-t/\tau_1} + A_2 e^{-t/\tau_2})$, 滝岛从时间常数在肺内不均等分布的观点

将其定义为 $\lim_{k \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^k V_{k\tau} e^{-t/\tau_k}$ 。本文作者计算 τ_R 与由

$\Delta V/\Delta \dot{V}$ 求出的平均时间常数高度相关, 但计算繁杂, 不易普及。近年来有作者提出用力呼气肺量图有效经过时间 MTT 和部分排出时间 MTT_p , 即整个或某段呼气过程中气体分子由肺泡排出到口腔的平均时间, 它们在理想条件下也等于时间常数, 因主要受呼气末段时间因素的影响而反映小气道功能。本指标仍因测算繁杂而应用较少。