

## 肺功能测定快速指南

本桌面助手旨在为基层医疗专业人员提供准备、进行、评估和解释肺功能测定所需的信息，并了解其在诊断和监测呼吸系统疾病中的作用和局限性。

### 简介

肺功能测定是一种客观检测方法，用于测量人的呼气容量和呼气速度（流量）<sup>1-6</sup>，是诊断和监测慢性阻塞性肺疾病（COPD 慢阻肺）的必备方法，对哮喘、特发性肺纤维化和慢性咳嗽也很重要。肺功能测定还有助于评估某些全身性疾病对呼吸系统的影响，并有助于在手术前确定个人风险。

### 我们需要做什么？

### 测试前

在进行肺功能测定时，应考虑潜在的禁忌症（表 1）。

这项检查在很大程度上取决于患者的合作情况和检查环境，因此，应事先对检查过程进行解释，并由处方医生决定患者是否应在检查前停止服用任何呼吸系统药物（最短间隔时间见表 2）。如果检查的目的是为了确定患者的肺功能是否可以在常规治疗的基础上通过治疗得到改善，则可能没有必要停药。

嘱咐患者在检查前至少一小时内不要吸烟、吸电子烟或使用水烟，不要进行任何剧烈运动，或在检查前 8 小时内不要服用致醉物质。让他们松开任何紧身的衣物。肺功能测试必须在舒适、通风良好的房间内进行（最好是专门用于肺功能测试的房间），测试者坐在没有扶手、轮子或高度调节装置的椅子上。室内必须有体重秤、测距仪和基本气象台（如果尚未集成在测试设备中）。使用 3L 校准筒进行测试时，肺量计的最大误差范围应为  $\pm 2.5\%$ 。

### 为肺功能测量做准备

不是所有人都能做出高质量的肺功能，但操作者的能力可以提高结果的质量。

- 将患者年龄、身高和出生时的性别等数据输入肺量计。

表 1：肺功能测定的禁忌症。

<p>在特别用力时会严重危及个人健康的任何情况，例如</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 严重咯血</li> <li>• 活动性气胸或近期气胸。过去曾有过气胸并不是肺功能测定的禁忌症。</li> <li>• 不稳定的心血管疾病（如心绞痛、近期心肌梗死、肺栓塞）</li> <li>• 脑部、胸部或腹部动脉瘤</li> <li>• 近期内视网膜脱离或近期眼部手术（如白内障）</li> <li>• 近期胸部或腹部手术</li> </ul>	<p>无法获得最低可接受质量吹气的情况，如</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 无法理解指令或不愿听从指令</li> <li>• 不能很好地理解动作（如 6 岁以下儿童、智力衰退、某些老年人）</li> <li>• 身体状况差（如恶病质）</li> <li>• 气管切开。如果认为有必要对气管切开者进行肺功能测定，则应将其转诊至专科诊所</li> <li>• 口腔和/或面部有问题，无法将嘴巴严密包住吹嘴（如面瘫）。</li> <li>• 插入吹嘴时感到不适恶心</li> </ul>
---	---

CV, 心血管; MI, 心肌梗死; PTE, 肺血栓栓塞。

表 2：服用某些药物与接受肺功能测定之间的最短时间间隔。

药物	最短时间间隔 (小时)
沙丁胺醇、特布他林、异丙托溴胺	6
福莫特罗、沙美特罗	12
茚达特罗、奥达特罗、维兰特罗	24
阿地溴胺	12
噻托溴铵、格隆溴胺、乌美溴胺	24
短效茶碱类	8
缓释茶碱类	12
色甘酸钠	24

- 如果假牙可能会移动，请患者取下任何的假牙。
- 让患者坐在没有扶手、轮子或高度调节装置的椅子上，背部靠在椅子靠背上，双脚平放在地面上，不要交叉。建议他们在吹气时坐直（避免身体前倾）。
- 简单解释测试过程：“这是一个简单的测试，但你需要严格按照我的指示

进行。当我说‘深而满地吸气’时，你要将牙齿紧紧咬住吹嘴，嘴唇紧闭，舌头不要伸出来，然后尽可能快、尽可能长地用力将空气吹出，直到肺部完全排空或我让你再次吸气。然后再再次深吸一口气。

- 在解释之后，向患者展示完整的用力肺活量 (FVC) 和用力吸气肺活量 (FIVC)，以此演示操作步骤。

表 3：进行开路肺功能测定和闭路肺功能测定的注意事项。

开路肺功能测定	闭路肺功能测定
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 坐直，双腿分开，双脚平放在地板上，身体不要前倾</li> <li>2. 完全呼气，清空肺部</li> <li>3. 快速深吸气，直到肺部完全充盈</li> <li>4. 立即将吹嘴放入口中，紧闭嘴唇，形成密封</li> <li>5. 不要停顿超过 2 秒钟，尽可能用力快速吹气，直到肺部完全排空或无法再吹气为止</li> <li>6. 取下吹嘴，正常呼吸</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 坐直，双腿分开，双脚平放在地板上，身体不要前倾。</li> <li>2. 将吹嘴放入口中，闭上嘴唇，形成密闭状态</li> <li>3. 正常呼吸 2-3 次</li> <li>4. 快速深吸气，直到肺部完全充盈</li> <li>5. 不要停顿超过 2 秒钟，尽可能用力、快速、长时间地吹气，直到肺部完全排空或无法再吹气为止</li> <li>6. 嘴唇包住吹嘴，再次尽可能用力、充分地吸气</li> <li>7. 取下吹嘴，正常呼吸</li> </ol>

- 将吹嘴组件调整到适合患者的高度，确保其下巴与胸部成 90 度角。要求患者将吹嘴放在嘴唇之间，确保舌头不会阻塞开口。
- 如果是测试吸气，则提供并要求他们佩戴鼻夹，以避免不必要的漏气。呼气动作不需要。
- 必须向患者发出明确而果断的指令以启用力呼吸。吸气结束与用力呼气动作开始之间的间隔时间不得超过 2 秒（犹豫时间）。
- 必须始终监控屏幕上的流量-容积环，以防出现任何可能迫使检查停止的变化。
- 在整个操作过程中，必须大力鼓励受检者，并用诸如“继续，继续！”或“吹气，吹气！”等感叹词来激励他们。这一步骤对于确保成功完成检查至关重要。
- 重复测试，直到有三条可接受且可重复的曲线（最多尝试 8 次）；如果受检者感觉良好并同意继续吹气，可考虑进行更多次吹气。

请参见表 3，了解进行开路或闭路肺功能测定（包括用力呼吸的步骤）的技术差异。

## 获得的主要变量

尽管现代肺量计可以得出多种变量结果，但三个基本参数就足以解释它们：以升为单位的 FVC、以升/秒为单位的第一秒用力呼气容积（FEV<sub>1</sub>）和以比率或百分比表示的它们的比值（FEV<sub>1</sub>/FVC）。

- 第一秒用力呼气容积（FEV<sub>1</sub>）是以升/秒为单位的流量测量值，其比率（FEV<sub>1</sub>/FVC）以比率或百分比表示。

- 确保患者已排空肺部所有可用空气，以完成该动作。
- FEV<sub>1</sub> 是在用力呼气动作的第一秒内呼出的气体量。
  - 第一秒的用力呼气量与用力肺活量（FEV<sub>1</sub>/FVC）之间的关系，也称为用力呼气比（FER 或 FEV<sub>1</sub>%），表示在吹气的第一秒内呼气量占总呼气量的百分比。它是测量气道阻塞的关键参数

## 阻塞性气道疾病的诊断

正常情况下，在用力呼气的第一秒，呼出的气体占 FVC 的 70% 以上。如果 FEV<sub>1</sub>/FVC 比值低于 70%，则意味着存在气道阻塞。

为了减少使用固定比值 70% 时出现的年轻患者气道阻塞诊断不足和老年人气道阻塞诊断过度的情况，我们建议使用 FEV<sub>1</sub>% 的正常值下限（LLN）作为判断是否存在气道阻塞的界值，该值相当于第五百分位数，或参考值 Z 值的 -1.64。然而，目前大多数肺量计的软件中不包括 LLN，而且只在全球肺功能倡议（GLI）的理论值中显示，无需进一步换算。<sup>7</sup> 目前，70% 仍是慢性阻塞性肺疾病全球倡议（GOLD）<sup>8,9</sup> 等国际组织在评估慢性阻塞性肺疾病患者时推荐的阻塞界值。

## 结果解读

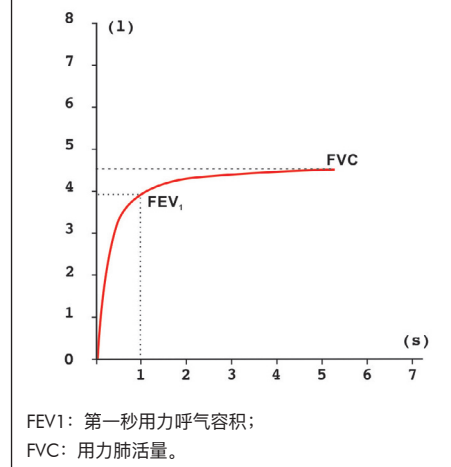
### 肺功能曲线的类型

正确解释肺功能测定结果的第一步是使用两个不同的图形检查操作过程中产生的曲线的可接受性：体积-时间曲线图（V-T）和流速-体积曲线图（F-V）。通过

观察这两种曲线，可以看出操作是否正确，是否可以接受，或者是否存在重大错误而需要重新进行测试。

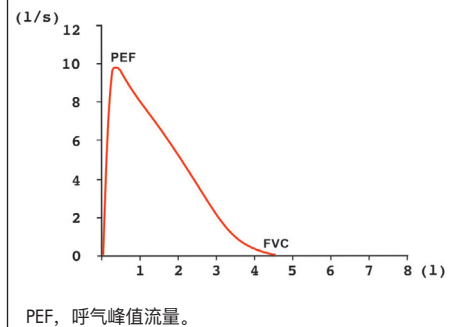
- 体积-时间曲线图：体积在 y 轴（纵轴）上以升为单位，时间在 x 轴（横轴）上以秒为单位。正常的 V-T 曲线有一个陡峭的上升，因为大部分空气在第一秒钟就被排出。随后，斜率逐渐变得平缓，直到达到最大呼气量（FVC）时才趋于平缓。第一秒钟排出的空气量即为 FEV<sub>1</sub>（图 1）。

图 1：肺容量-时间曲线



- 流速-体积曲线图：在这种图表中，Y 轴（纵轴）上的流量以每秒升为单位，X 轴（横轴）上的体积以升为单位。正常的 F-V 曲线在靠近横轴（流速）处有一个非常陡峭的上升过程，直到达到一个峰值（呼气流量峰值 [PEF]）。随后，曲线呈直线下降，但斜率不明显，最后渐近于 x 轴（体积），显示出用力肺活量（图 2）。

图 2：流量-容积曲线



## 吹气的可接受性

通过观察曲线，可以确定动作是否正确，从而得出有意义的结果。曲线必须显示出测试有一个正确的、爆发性的开始；用力的峰值非常接近动作的开始；曲

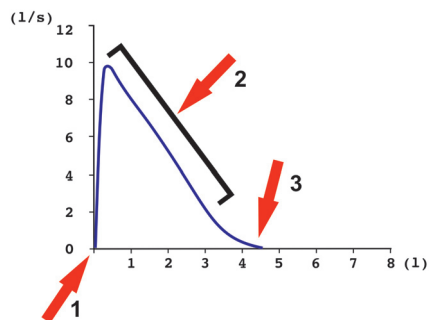
线的形状适当，没有指向不正确或不正常流量的不规则现象；曲线的结束适当--逐渐而不是突然--验证之前吸入的气体几乎全部呼出（图 3）。

图 3：流量和体积时间曲线上显示的每条曲线的可接受性标准。

流量和流量时间曲线图。

图中显示了三个关键点

- 1) 它的起始点平滑且毫不犹豫启动
- 2) 快速、直立地上升到峰值，曲线平滑、连续地下降，没有误差
- 3) 没有提前终止的迹象



要确定每条曲线的起始是否良好，可使用外推容积（BEV）（由肺量计计算），该值必须小于 100 ml 或用力肺活量的 5%，以两者中较大者为准。

### 吹气的可重复性

肺功能测定除了要得出可接受的曲线外，还必须具有可重复性，以便进行解释；我们必须确保每次重复测定都能得出相似的结果。因此，在获得至少三条可接受的曲线后，两条最佳曲线之间的差值必须小于 150 ml 或 5%（FVC 和 FEV1 均要达到这个要求），以较大者为准。对于 6 岁以下儿童，则必须小于 100 ml 或 5%，以较大者为准。大多数肺量计都能自动提供这一信息（图 4）。

### 常见错误

通过观察曲线，可以发现受检者和/或操作员的错误，这些错误可能会影响测试并需要重复测试（图 5）。

当检测到错误时，大多数肺量计都会在屏幕或纸质报告上显示警告信息。解释结果的专业医护人员必须将这些信息考虑在内。表 4 展示了主要的可接受性和可重复性标准。

图 4：流量体积曲线的重复性曲线。A：不可重复曲线。B：可重复曲线。

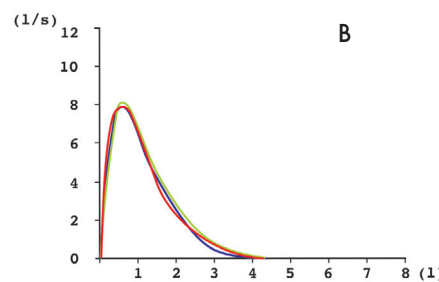
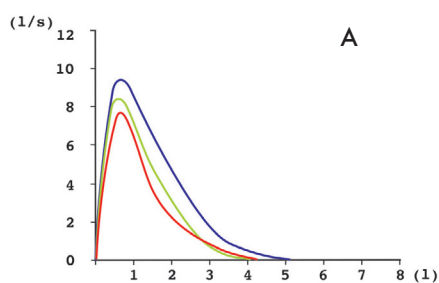
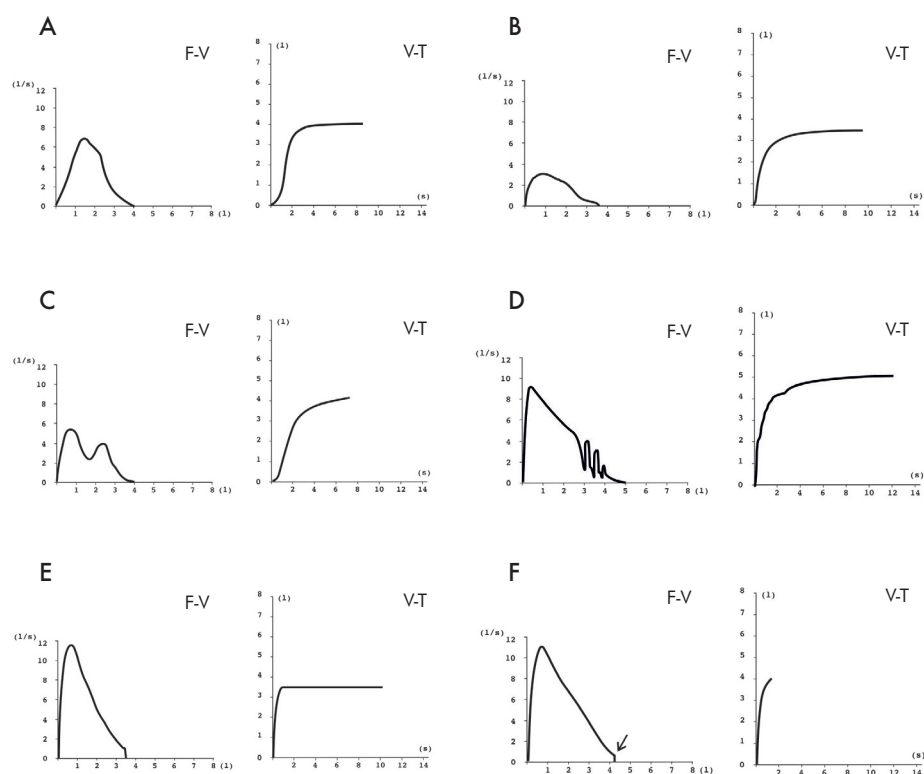


图 5：操作的主要误差。

请注意，流量-体积曲线通常能提供更多有关质量的信息。

- A：起步慢。B：用力不足。C：用力不均（两次用力）。D：在呼气的第一秒咳嗽。E：声门关闭。F：提前终止。



## 肺功能测定结果

### 参考值

肺功能测试的结果必须与相同年龄、身高和出生时性别的健康人的参考值或理论值进行比较。每个人获得的数值都要与这些预测值进行比较，并以测量值与理论值的百分比来表示（测量值/理论值 × 100）。100% 表示测量参数等于理论值。关于 FVC 和 FEV1，数值 ≥ 理论值的 80% 被认为是正常的，而数值 < 80% 则被认为是异常的。与对 FEV1% 的解释类似，最好使用 LLN 而不是理论值的 80% 这一固定值，以避免在某些情况下高估或低估结果。

建议使用 GLI-2012 的参考值。

### 肺功能图形

由于只有 4 种不同的、易于区分的肺功能图形，因此对可接受的、可重复的吹气的解释比较简单。

尽管建议通过数值来确定这些图形，但是对曲线的简单观察就能看出曲线模式

表 4：可接受性和可重复性标准总结2

可接受性	启动良好 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 犹豫时间 &lt;2 秒</li> <li>• 外推容积 (BEV) &lt; 肺活量的 5% 或 100 ml, 以较大者为准</li> </ul>
	良好的 FV 曲线形态 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 从峰值流量的 10%到 90% 的上升时间测量, PEF 应急剧上升, 并接近时间 0、应小于 150 毫秒</li> <li>• 平滑、连续的下降曲线: 无咳嗽、无阻塞、无漏气、无声门关闭 (提前终止)、无额外呼吸</li> </ul>
	很好地完成动作 必须至少符合以下标准之一: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 达到呼气平台 (最后 1 秒呼气量 ≤25 ml)</li> <li>• 呼气时间 ≥15 秒</li> <li>• FVC 在先前观察到的最大 FVC 的重复性容差范围内, 或大于先前观察到的最大 FVC。如果用力呼气结束后的最大吸气量大于 FVC, 则 FIVC 必须小于 FVC 的 5% 或 100 ml (以较大者为准)。</li> </ul>
重复性	FVC 和 FEV1 的两条最佳曲线 (至少 3 条符合可接受性标准的曲线) 之间的差值必须小于 150 ml。

FET, 用力呼气时间; FEV1, 第一秒用力呼气容积; FV, 流量-容积; FVC, 用力肺活量; PEF, 呼气峰值流量; VT, 容积-时间。

(图 6)。要确定肺功能图形, 可采用图 7 中的算法。

### 结果在临床实践中的应用

肺功能本身并不能提供诊断--它只是根据相关的临床数据和其他辅助检查来支持或排除疑似诊断。然而, 肺功能测定确实能提供有价值的线索, 通过分析其结果, 可以确定四种肺功能图形: 正常、阻塞性、限制性和混合性。这些不同的

图形, 再加上患者的临床数据, 就可以做出诊断。

### 支气管扩张剂后反应性测试

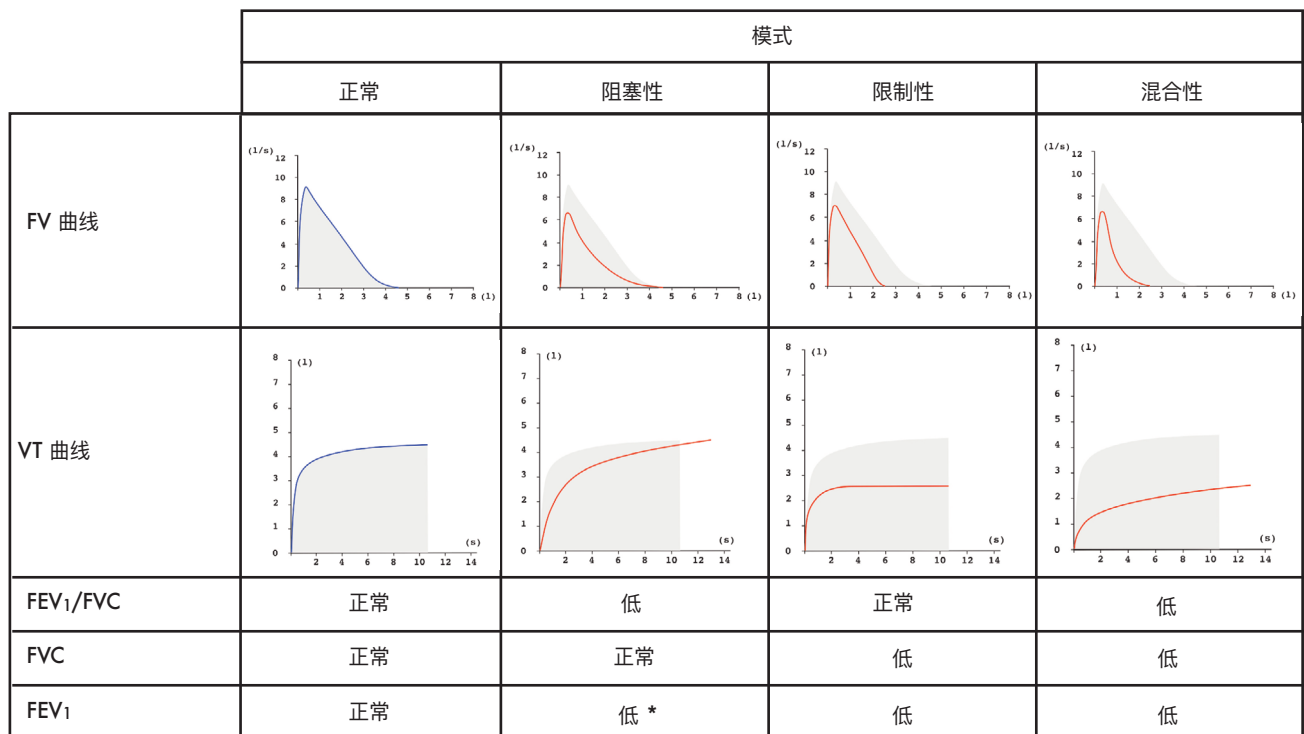
支气管扩张剂 (BD) 反应性测试用于研究患者在使用支气管扩张剂 (通常是沙丁胺醇/舒喘灵) 后支气管可能发生的扩张, 以及支气管扩张是否达到完全可逆 (之前的阻塞图形恢复正常)。比较支气管扩张前后的 FVC。如果 FEV1 或

FVC 的改善幅度大于预测值的 10%, 则认为 BD 试验呈阳性反应。ERS-ATS 指南最近取消了以前的 BD 检测阳性 >200 ml 的标准, 以简化检测的解释。

### 下一步

如果肺功能测定显示出混合型 (阻塞+限制), 则应转诊进行肺容积测试 (如胸廓描记术), 以评估 FVC 的降低是由于限制性疾病所致, 还是仅仅是由于空

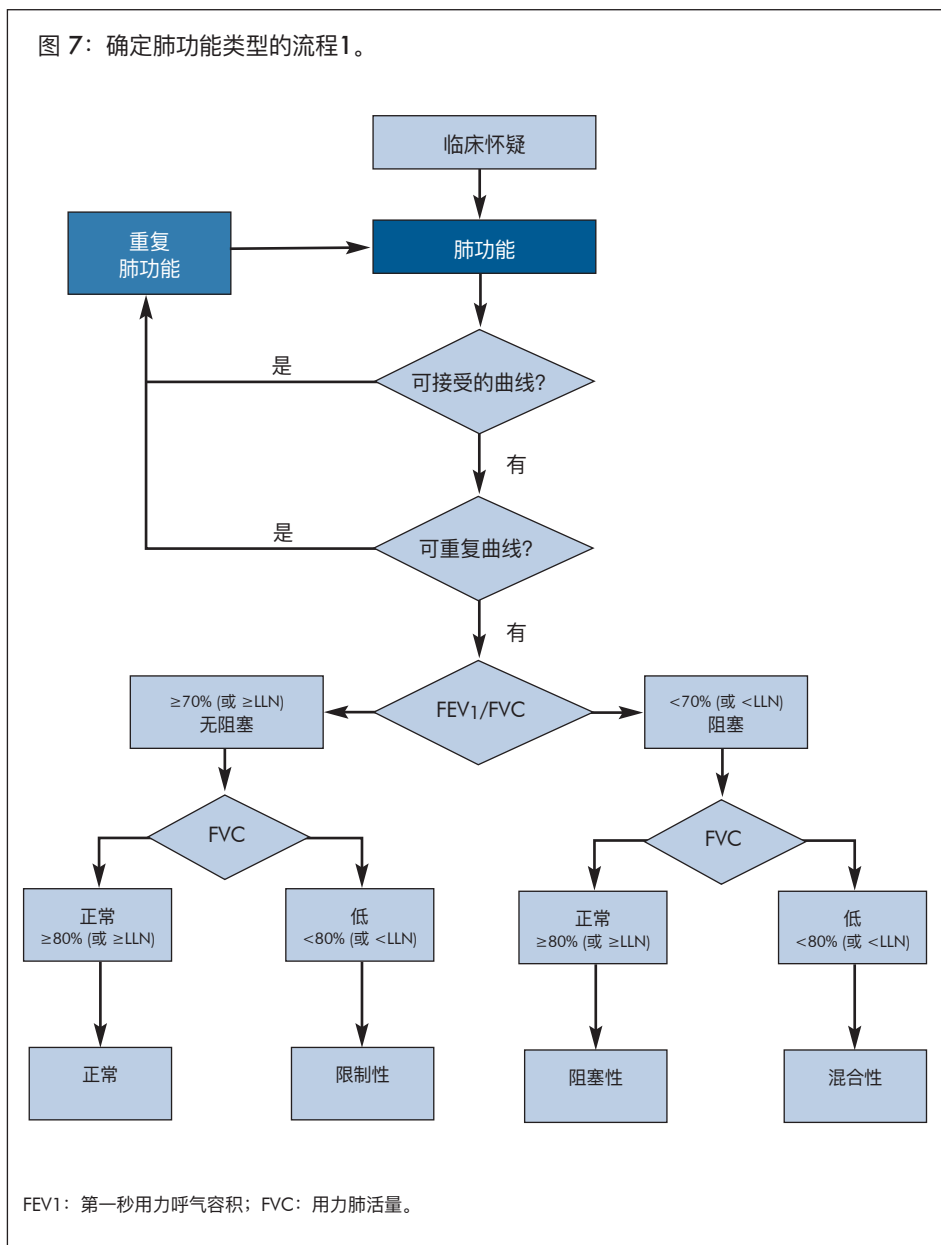
图 6：曲线的肺活量模式和肺活量变量1



低, 下降值低于正常限度。\*轻度阻塞时, FEV1 可能保持正常。

FEV1, 第一秒用力呼气容积; FV, 流量-容积; FVC, 用力肺活量; VT, 容积-时间。

图 7：确定肺功能类型的流程 1。



气滞留导致的容积功能性限制，残余容积增加，绝大多数严重的慢性阻塞性肺疾病患者都会出现这种情况。

参考资料

详情请登录：[www.ipcr.org/dth14](http://www.ipcr.org/dth14)。

1. Cimas JE, et al. Guía de procedimiento para la espirometría en atención primaria. Barcelona: semFYC ed, 2021.
2. Graham BL, et al. Am J Respir Crit Care Med 2019; 200:e70–e88.
3. Miller MR, et al. Eur Respir J 2005;26:319–38.
4. 澳大利亚国家哮喘委员会。初级保健肺功能测定手册》。墨尔本；澳大利亚国家哮喘委员会：2020 年。见
5. García-Río F, et al. Arch Bronconeumol 2013;49: 388–401.
6. Global Initiative for Asthma (GINA). 哮喘管理与预防全球战略》，2021 年更新。见 <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2021/05/GINA-Main-Report-2021-V2-WMS.pdf>。2023 年 3 月访问。
7. Quanjer PH, et al. Available at: <https://www.ers-education.org/lrmedia/2012/pdf/266696.pdf>. Accessed March 2023.
8. 慢性阻塞性肺疾病全球倡议：2022 年报告》。见：<https://goldcopd.org/2022-gold-reports-2/>. Accessed 2023 年 3 月。
9. Global Initiative for Chronic Obstructive LungDisease (GOLD). 肺功能测定指南：医护人员肺功能测定。见 <https://goldcopd.org/gold-spirometry-guide/>。

注释



作者：米格尔·罗曼·罗德里格斯、胡安·恩里克·西马斯 米格尔·罗曼·罗德里格斯、胡安·恩里克·西马斯  
 审稿人 Lindsay Zurba、Savi Wimalasekera、Sundeep Salvi、Siân Williams  
 编辑：帕蒂玛·塔纳帕特 (Integrity Patima Tanapat (Integrity Continuing Education, Inc) 和 Tracey Lonergan (IPCRG)  
 完成翻译工作：Stefani Chiarolanza 和 Samuel Ciociola (Integrity Continuing Education, Inc) 以及 Russel Emery (IPPRG) 提供了额外的行政支持。

本桌面帮助工具仅供参考；旨在供一般使用，不应被视为适用于特定案例。更多信息请访问：[www.ipcr.org/DTH14](http://www.ipcr.org/DTH14)。

知识共享许可协议 署名-非商业性-相同方式共享

IPCRG 是注册慈善机构[SC 编号 035056]和担保有限公司 (公司编号 256268)。  
 通信地址 19 Armour Mews, Larbert, FK5 4FF, Scotland, United Kingdom

