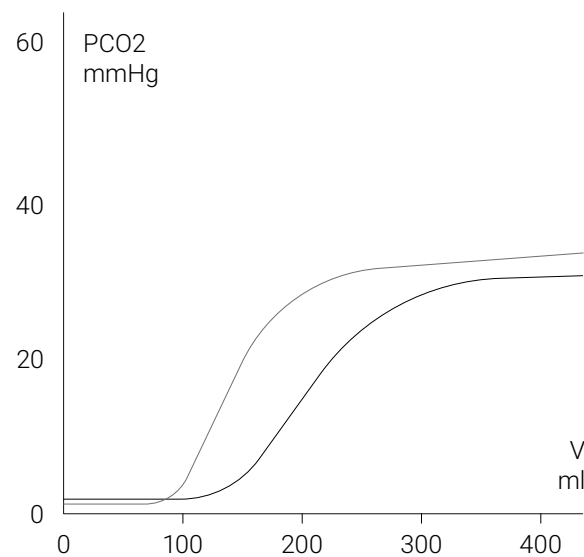
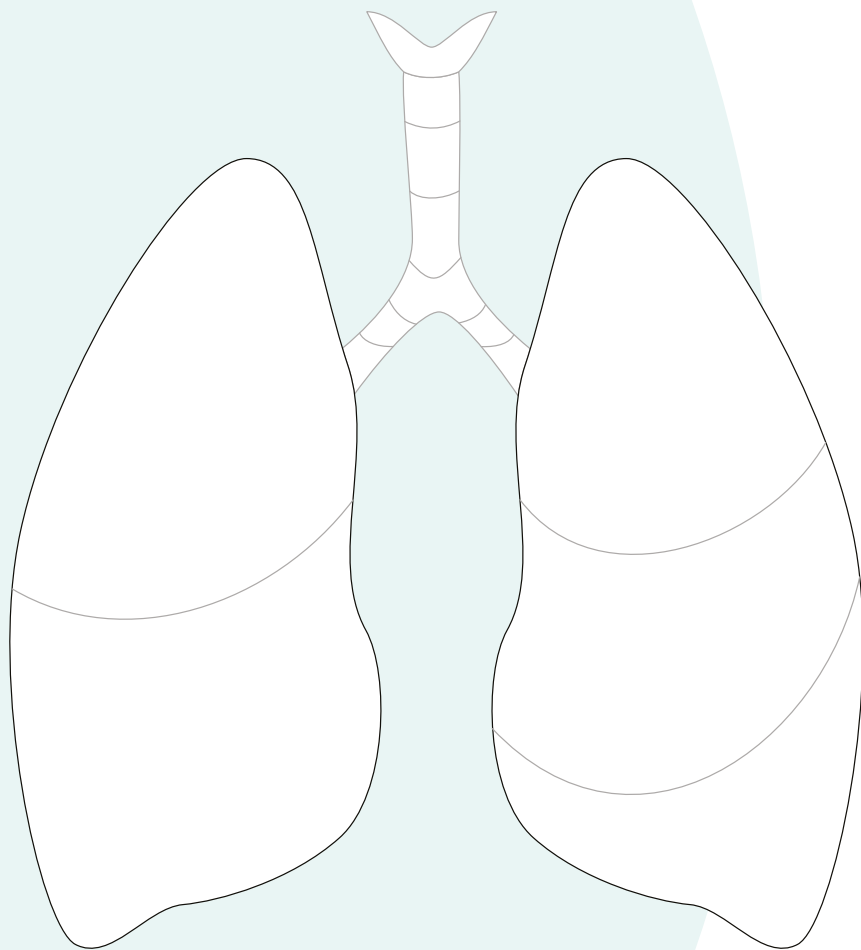


容积二氧化碳图



30
PetCO₂
mmHg

255
V_{Daw}
ml

8.2
V'_{alv}
l/min

目录 – 1/2

通气专家	4	Y 区域 - 肺泡死腔	19
介绍	5	Z 区域 - 解剖死腔	20
容积二氧化碳图的优点	6	肺泡分钟通气量 (V'_{alv})	21
容积二氧化碳图	7	死腔通气—— VD_{aw}/VTE	22
三个时相	8	有哪些临床相关性?	23
第 I 相 - 解剖死腔	10	提高通气质量和效率	24
第 II 相 - 转换阶段	11	ARDS 的征象	25
第 III 相 - 平台阶段	12	PEEP 管理	26
第 III 相的斜率	13	肺复张操作	27
一口气 CO_2	14	呼气阻力	28
深入检查病人的肺部状况	15	阻塞性肺病	29
X 区域 - CO_2 排出量 (VCO_2)	17	肺栓塞的征象	31
		失血性休克	32
		优化撤机过程	33
		病人转运途中监测	35

目录 - 2/2

重复呼吸	36	附录	49
趋势图临床应用	37	Hamilton Medical 呼吸机	
PetCO ₂ 与 V'CO ₂	38	容积二氧化碳图	50
通过趋势图优化 PEEP	40	显示器上的环图和趋势图	51
检测肺泡去复张	41	监测中的容积二氧化碳图	52
自我测试	42	计算公式	53
多项选择测试	43	正常值举例	54
病人 A	44	参考文献 A - Z	55
病人 B	45	术语表 A - Z	56
病人 C	46	版本说明	57
病人 D	47		
解决方案	48		

通气专家



Karjaghli Munir
呼吸治疗师
Hamilton Medical 哈美顿医疗公司临床应用专家



Matthias Himmelstoss
ICU 护士, 物理学硕士
Hamilton Medical 哈美顿医疗公司产品经理

介绍

二氧化碳 (CO_2) 是人体产生的最多的气体。 CO_2 是呼吸的主要驱动力，也是对病人进行机械通气的主要动机。在呼吸过程中监测 CO_2 水平（二氧化碳图）是无创的，易于使用，价格相对低廉，并已进行广泛研究。

二氧化碳图在过去数十年取得的改进得益于快速红外线传感器的研发，其能够实时检测气道开口处的 CO_2 。通过了解 CO_2 从血流经过肺泡通向大气的表现状况，医生能获得通气和灌注有关的有用信息。

有两种不同类型的二氧化碳图：传统**以时间为基线的二氧化碳图**只能定性和半定量，甚至有时会误导测量，因此**容积二氧化碳图**成为评估机械通气质量和数量的首要方法。



本电子书集中介绍了机械通气病人**容积二氧化碳图**的使用。

容积二氧化碳图的优点

- ✓ 改善、简化和补充与代谢、循环及通气 (V/Q) 有关的病人监测
- ✓ 提供肺部均质性或异质性有关的信息
- ✓ 趋势图功能和参考环图允许对病人状况进行更全面的分析
- ✓ 多个临床应用，例如检测肺栓塞、COPD、ARDS 等疾病的早期征象
- ✓ 帮助优化呼吸机设置
- ✓ 易于使用，价格相对低廉



简而言之，容积二氧化碳图是一种有价值的工具，可提高通气病人的通气质量和效率。

容积二氧化碳图

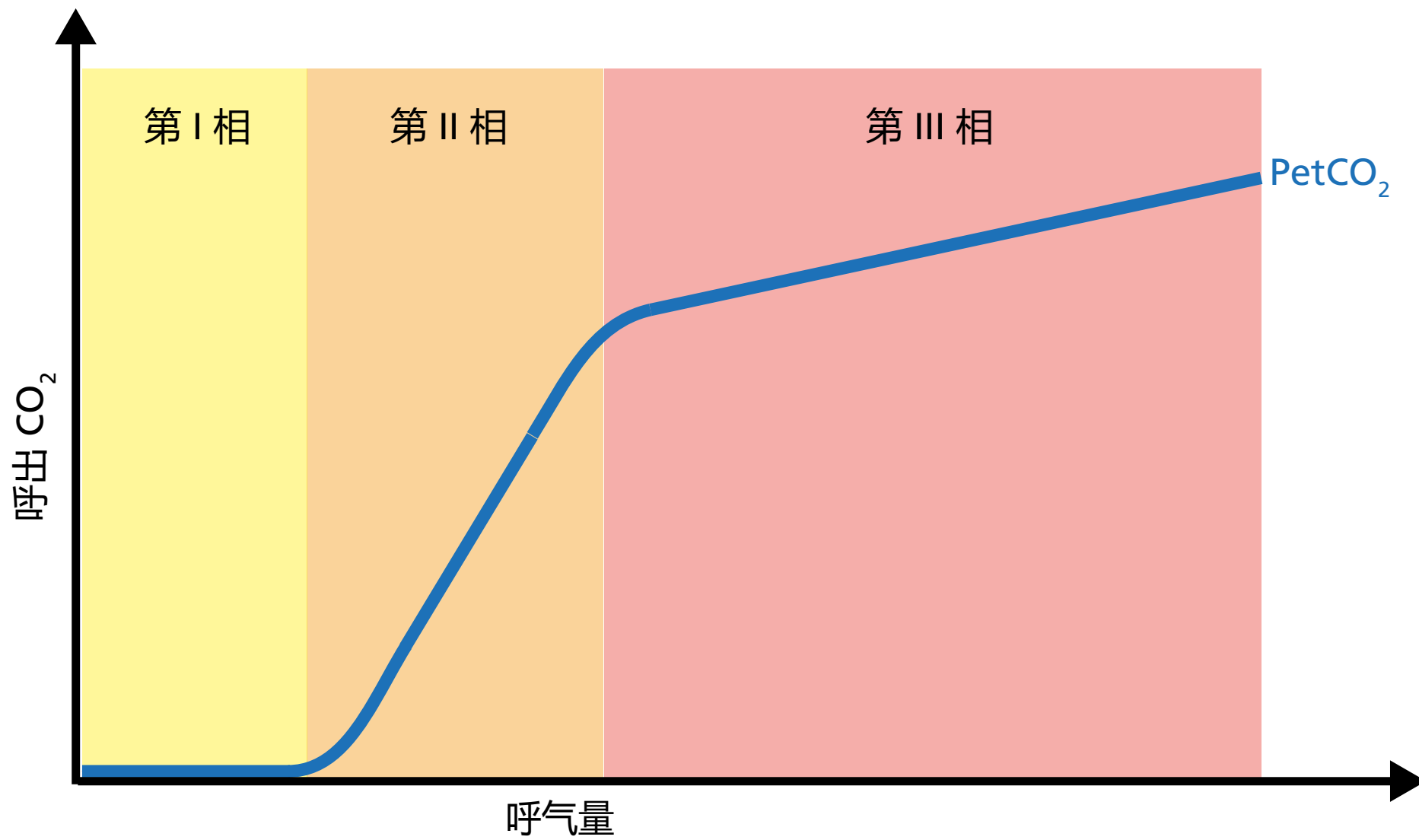
三个时相

二氧化碳 (CO_2) 的肺泡浓度是代谢、心输出量、肺灌注和通气的综合结果。 CO_2 浓度的改变反应了其中任一因素或多因素组合的波动。容积二氧化碳图持续监测 CO_2 产生率、通气/灌注 (V/Q) 状态、气道通畅性以及呼吸机呼吸管路本身的功能。

呼出气体中的 CO_2 来自气道的三个连续部分，形成呼出二氧化碳图的三个可识别时相。容积二氧化碳图中的单次呼吸曲线显示了变化的混合气体的这三个独特时相，指代其在气道中的起始区域：

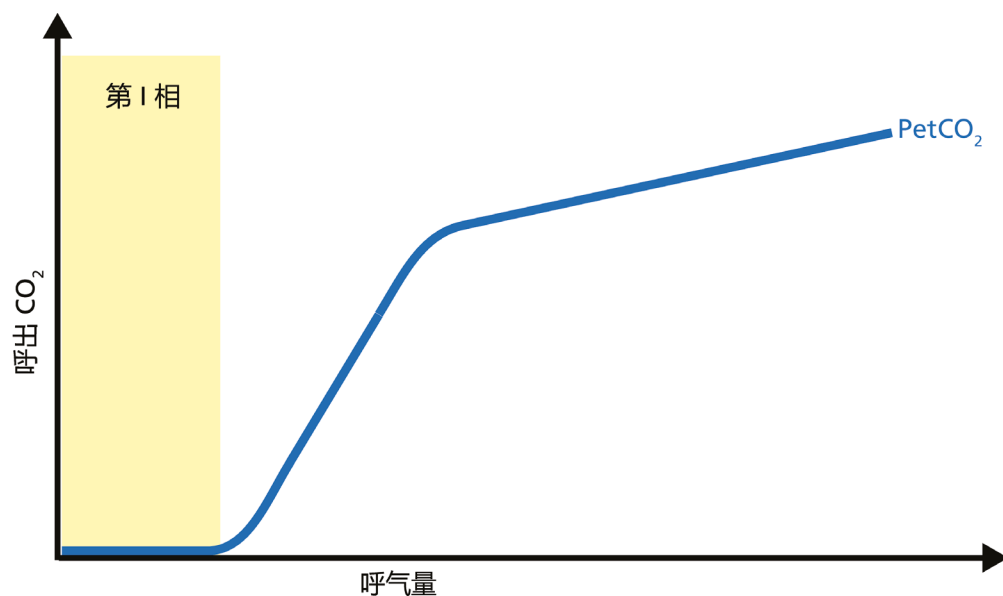
-  第 I 相 – 解剖死腔
-  第 II 相 – 转换阶段：近端肺区和快速排空肺区的气体
-  第 III 相 – 平台阶段：肺泡和缓慢排空肺区的气体

利用每个时相的特点，可计算生理测量数据。



第 I 相 – 解剖死腔

开始呼气时通过传感器的最初气体来自气道和呼吸管路，其中无气体交换发生 = 解剖死腔 + 人工死腔。这类气体通常不含任何 CO_2 。因此，图形显示沿 X 轴（呼气量）运动，但在 Y 轴上无 CO_2 增加。

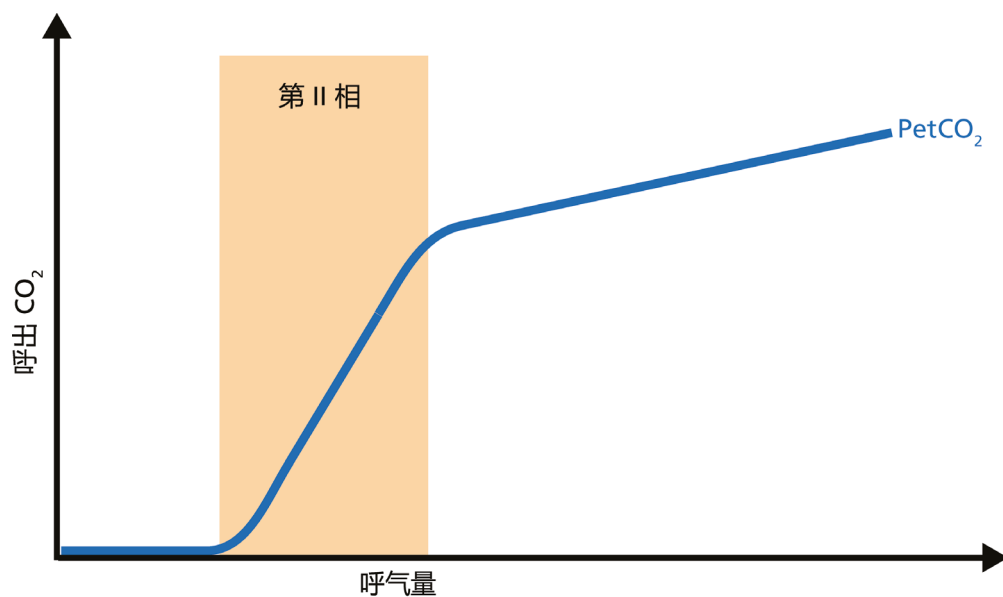


第 I 相延长表示解剖死腔通气量 (VD_{aw}) 增加。

在第 I 相出现 CO_2 表示重复呼吸或传感器需要重新校准。

第 II 相 – 转换阶段

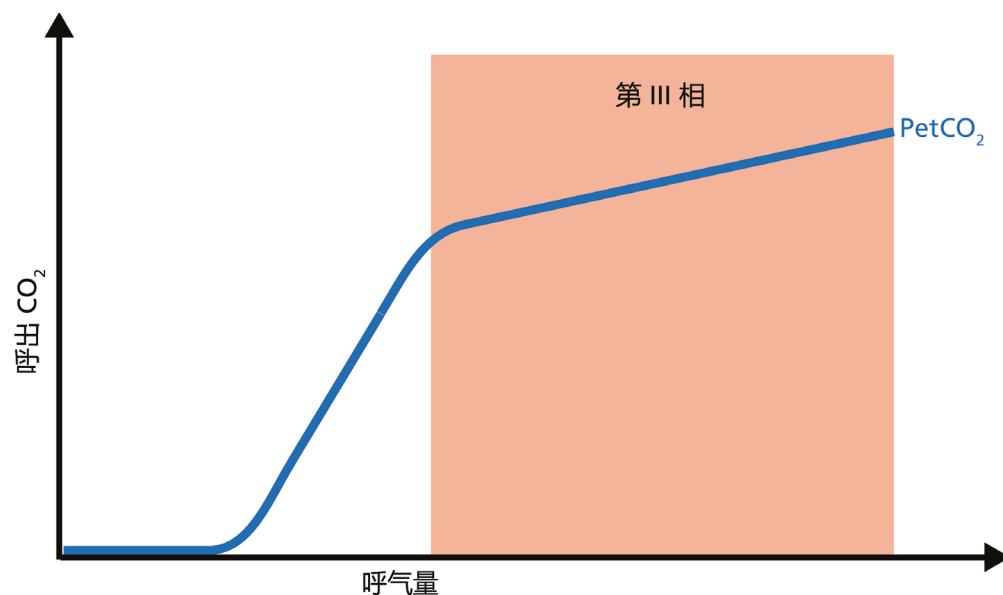
第 II 相代表由远端气道容量及快速排空肺泡混合形成的气体。曲线斜率表示远端气道与肺泡气体的转换速度 – 提供灌注改变以及气道阻力有关的信息。



第 II 相延长可表示气道阻力增加和/或通气/灌注 (V/P) 不匹配。

第 III 相 – 平台阶段

第 III 相气体全部来自肺泡，即气体交换的场合。此阶段代表气体分布。第 III 相的最终 CO_2 值称作呼气末二氧化碳分压 (PetCO_2)。



第 III 相陡峭的斜率提供了肺异质性以及部分快速排空肺区和缓慢排空肺区的信息。

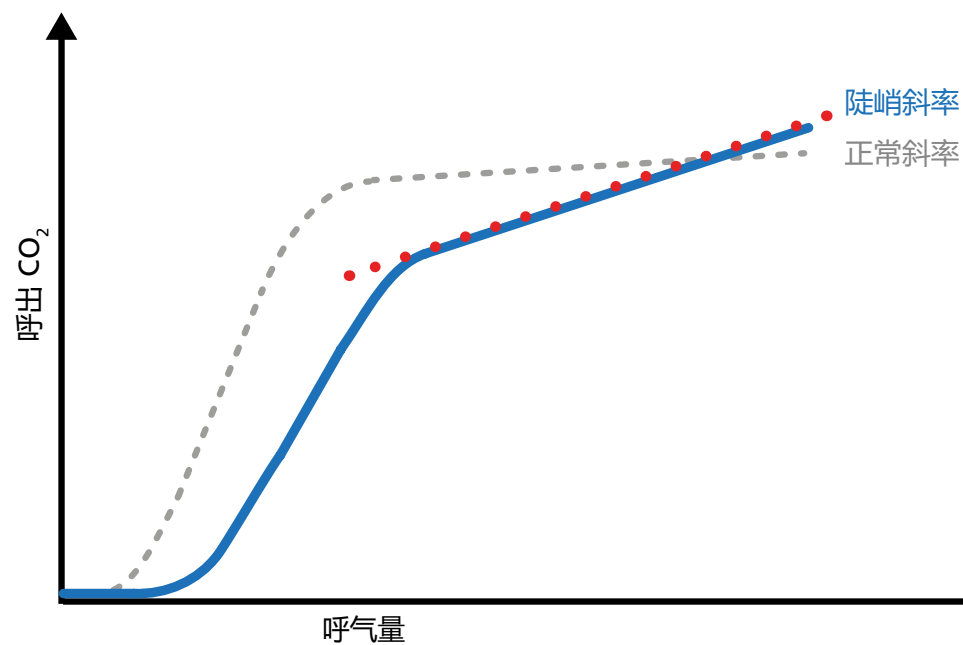
例如，气道阻塞导致肺泡通气不充分，包括此区域 CO_2 值偏高及时间常数增加。

第 III 相的斜率

第 III 相的斜率是容积二氧化碳图的一个特征。该斜率在波形的几何中心测量，定义为 VD_{aw} 和呼气末的中间两个四分之一处。



例如，陡峭的斜率可见于 COPD 和 ARDS 病人。



一口气 CO₂ 分析

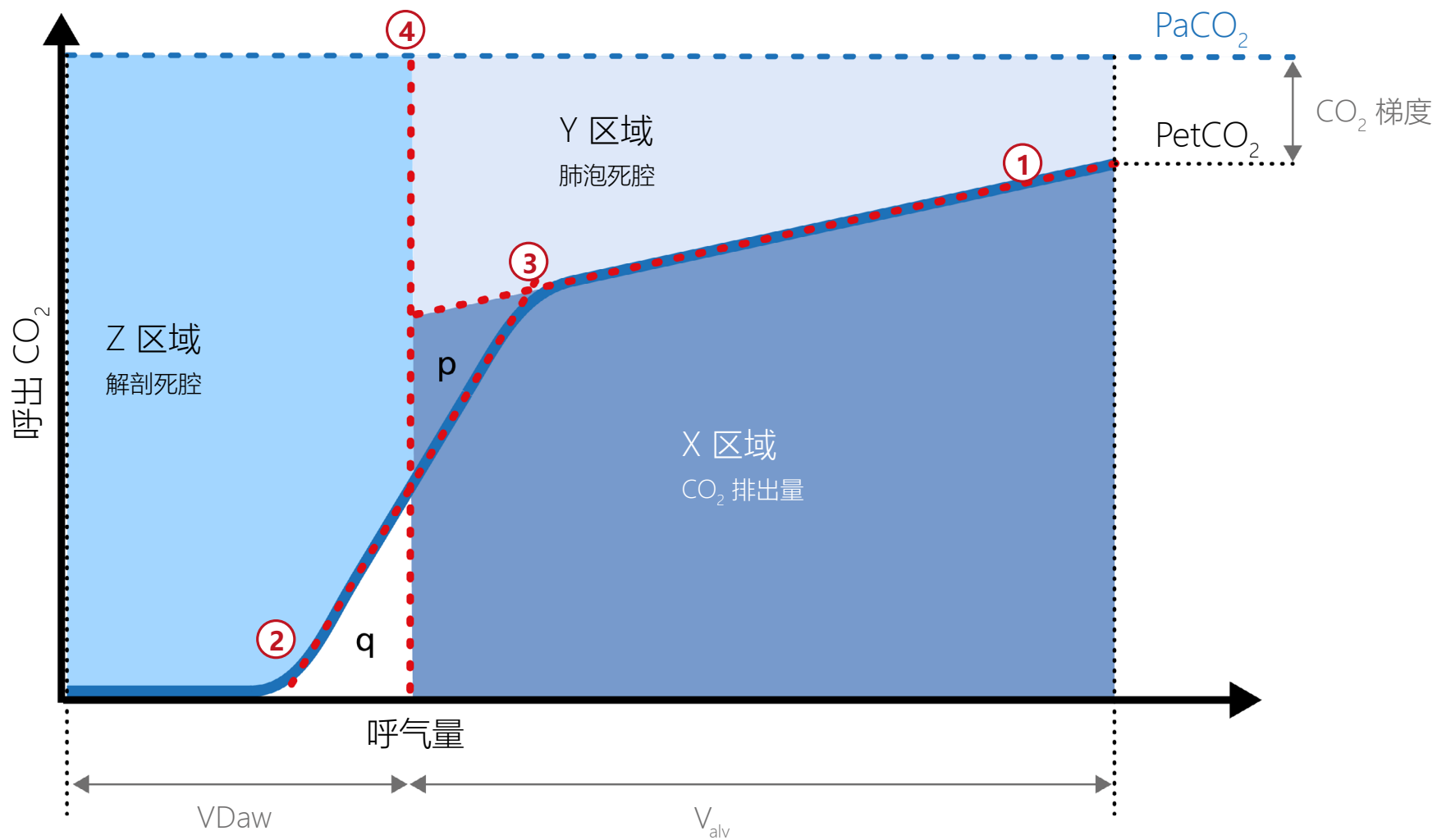
深入检查病人的肺部状况

容积二氧化碳图也可分为三个区域：

- X 区域 - CO_2 排出量
- Y 区域 - 肺泡死腔
- Z 区域 - 解剖死腔

区域大小以及曲线形状可以让您更深入地检查下列病人的肺部状况：

- 死腔比 - $\text{VD}_{\text{aw}}/\text{VTE}$
- 肺泡分钟通气量 (V'_{alv})



1. 第 III 相的斜率
2. 第 II 相的斜率
3. 线 1 和 2 的交叉部分定义了第 II 和 III 相之间的限值。
4. 垂直线投射到 X 轴上，调节它的位置直至两侧 p 和 q 区域相等。

X 区域 – CO_2 排出量 ($V'\text{CO}_2$) – 1/2

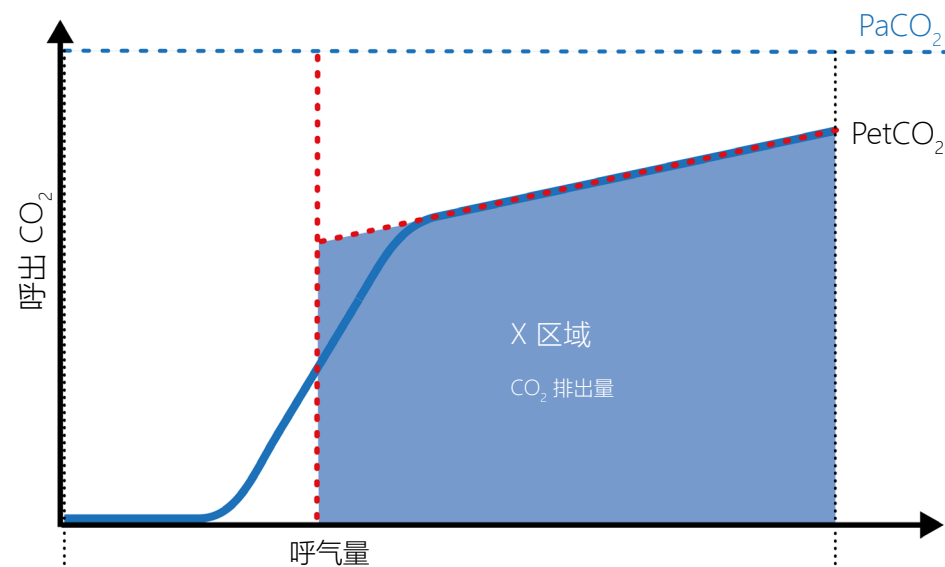
X 区域表示一次呼吸的 CO_2 实际呼出量 ($V_e\text{CO}_2$)。一分钟内所有单次呼吸相加可得出每分钟 CO_2 总排出量 ($V'\text{CO}_2$)。如果心输出量、肺灌注和通气稳定，则这是对 CO_2 产生率的评估，称之为 $V'\text{CO}_2$ 。 CO_2 产生率、心输出量、肺灌注和通气的任何变化均能影响呼吸机上显示的 $V'\text{CO}_2$ 。它能迅速反映病人气体交换响应呼吸机设置改变的情况。监测趋势图能检测到 $V'\text{CO}_2$ 突然和快速的改变。



减少 $V'\text{CO}_2$

体温过低、深度镇静、甲状腺机能减退、瘫痪和脑死亡可使 CO_2 产生率降低，引发 $V'\text{CO}_2$ 减少。

$V'\text{CO}_2$ 减少也可能是由心输出量减少或失血导致的，也可能表示通向肺区的血流改变。例如肺栓塞，表现为 $V'\text{CO}_2$ 减少和第II相的斜率降低。



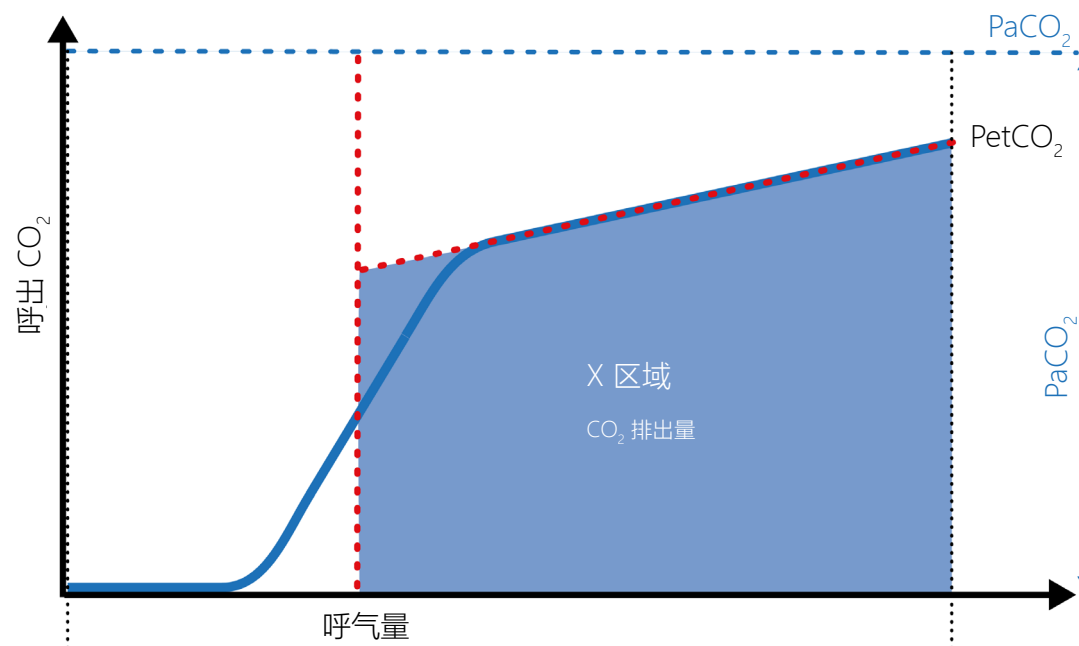
X 区域 - CO_2 排出量 ($V'\text{CO}_2$) - 2/2



$V'\text{CO}_2$ 增加

通常是由碳酸氢钠输液或 CO_2 产生率增加导致的，后者的原因可能是：

- 发烧
- 脓毒症
- 癫痫发作
- 甲状腺功能亢进症
- 胰岛素治疗



Y 区域 - 肺泡死腔

Y 区域表示因肺泡死腔而导致未排出的 CO_2 总量。

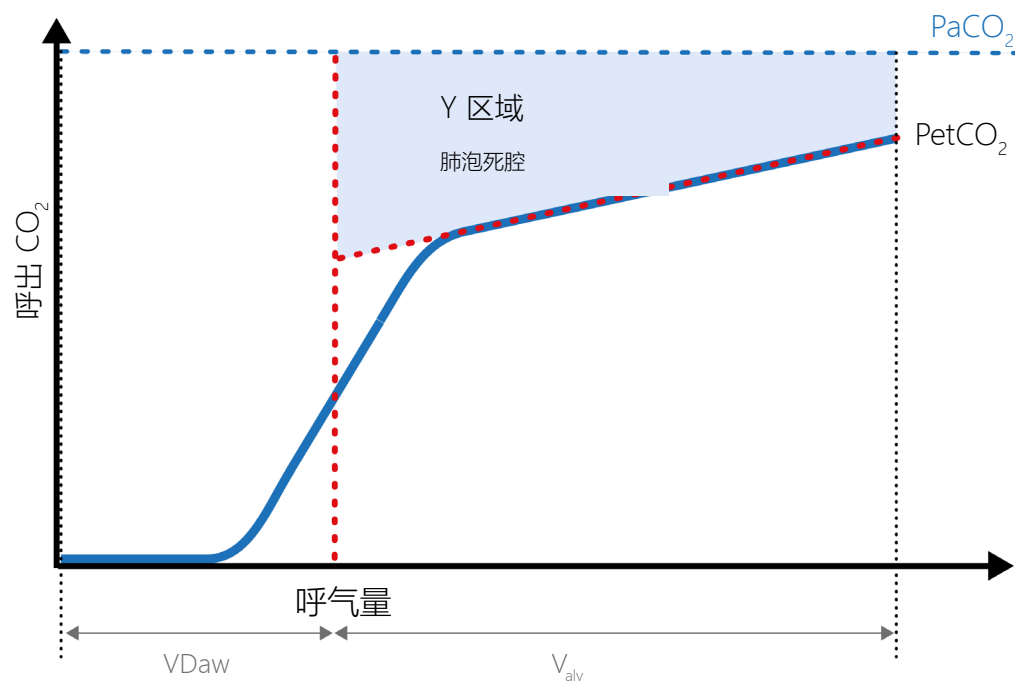


增加

如果出现肺气肿、肺过度扩张、肺栓塞、肺动脉高压及心输出量损害，肺泡死腔会增加。

减少

如果上述状况因成功治疗而改善，肺泡死腔会减少。



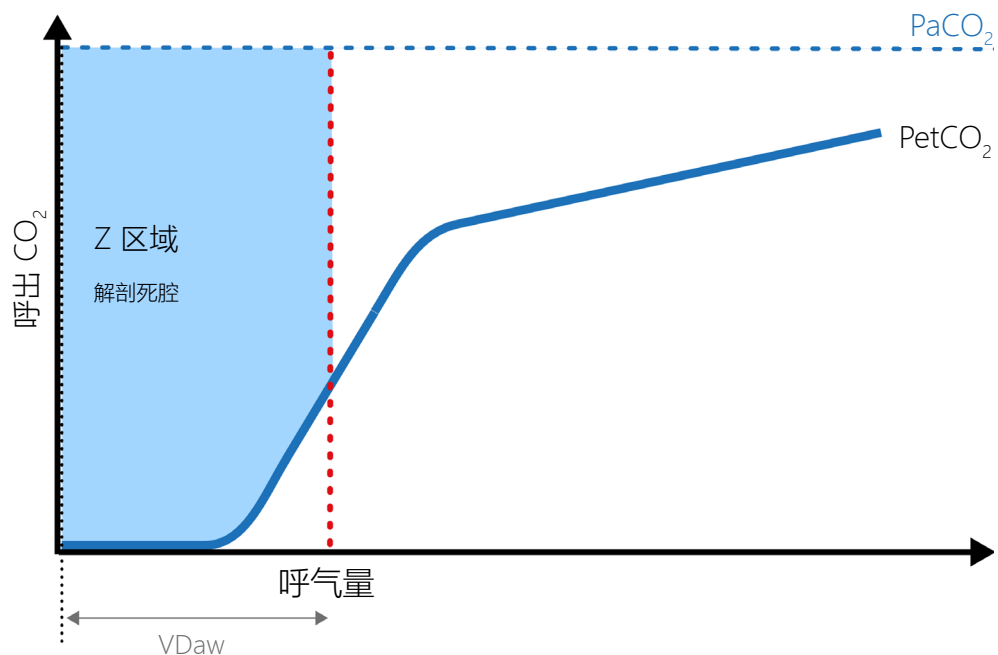
Z 区域 - 解剖死腔

应用容积和二氧化碳图测量解剖死腔能有效在人体内测量传导气道里丢失的容量。该区域表示无 CO_2 的容量。它不参与气体交换，由气道、气管插管及人工附件组成，例如二氧化碳传感器与病人间的延长管。



Z 区域扩大表示解剖死腔通气量 (VD_{aw}) 增加。考虑减少人工死腔量。

Z 区域缩小表示人工死腔量减少及过高 PEEP 的降低。



肺泡分钟通气量 (V'_{alv})

该波形图的第 III 相表示来自肺泡并主动参与气体交换的气体量。 V'_{alv} 通过潮气量 (VTE) 减去解剖死腔 (VD_{aw}) 后再乘以分钟通气量 (MinVol) 的呼吸频率计算得出：

$$V'_{\text{alv}} = RR * V_{\text{t}_{\text{alv}}} = RR * (VTE - VD_{\text{aw}})$$

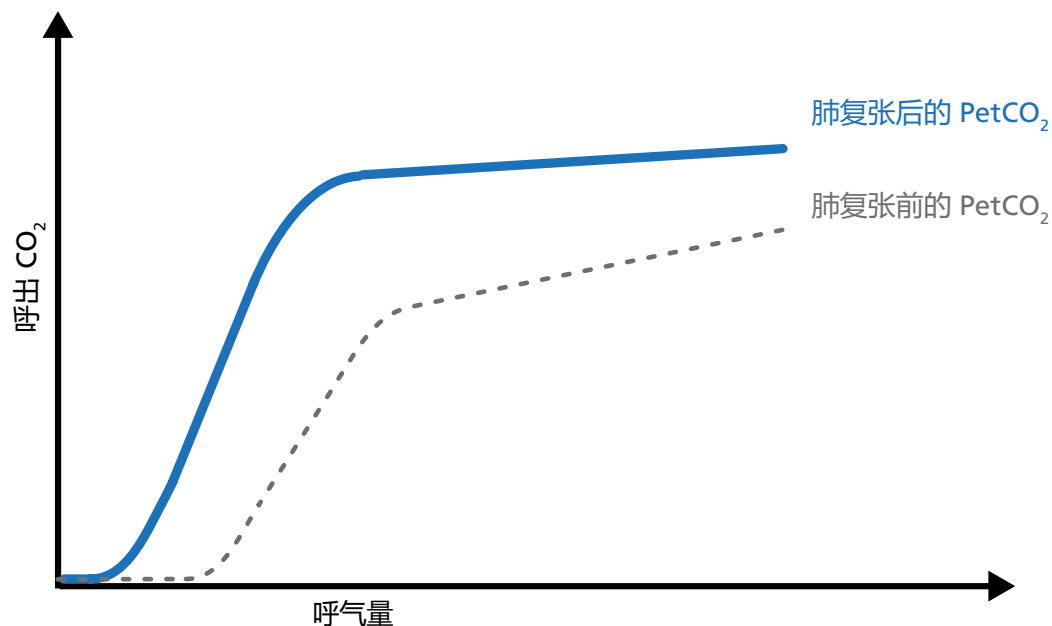


增加

V'_{alv} 增加表示肺复张操作有效并引发 V'_{CO_2} 短暂增加。

减少

V'_{alv} 减少表示较少肺泡在参与气体交换，例如由肺水肿导致。



死腔通气 - VD_{aw}/VTE

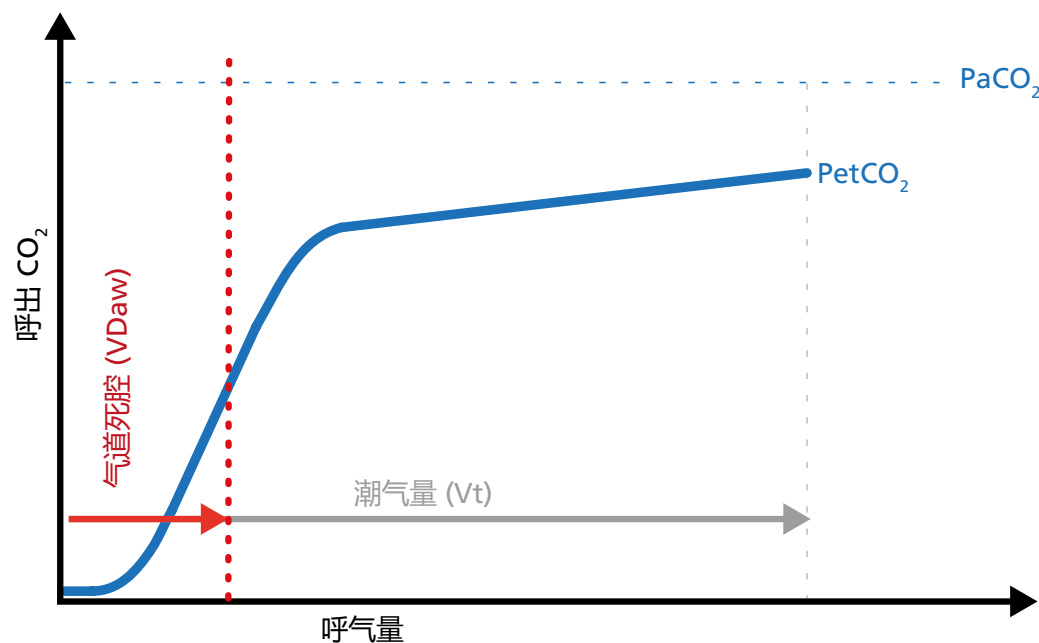
解剖死腔 (VD_{aw}) 与潮气量 (VTE) 之比 VD_{aw}/VTE 可使您深入了解通气的有效性。



VD_{aw}/VTE 比值升高可以作为 ARDS 的一个征象。

肺正常时的 VD_{aw}/VTE 比值在 25 - 30% 之间。

在 ARDS 早期，它在 58 - 83% 之间。



有哪些临床相关性？

提高通气质量和效率

您可利用从 CO_2 曲线获得的深入检查结果来提高您病人的通气质量和效率。下面介绍了在下列临床情况下使用 CO_2 曲线的举例：

- ARDS 的征象
- PEEP 管理
- 肺复张操作
- 呼气阻力
- 阻塞性肺病
- 肺栓塞
- 失血性休克
- 优化撤机过程管理
- 病人转运途中监测灌注
- 检测重复呼吸

急性呼吸窘迫综合症 (ARDS) 的征象

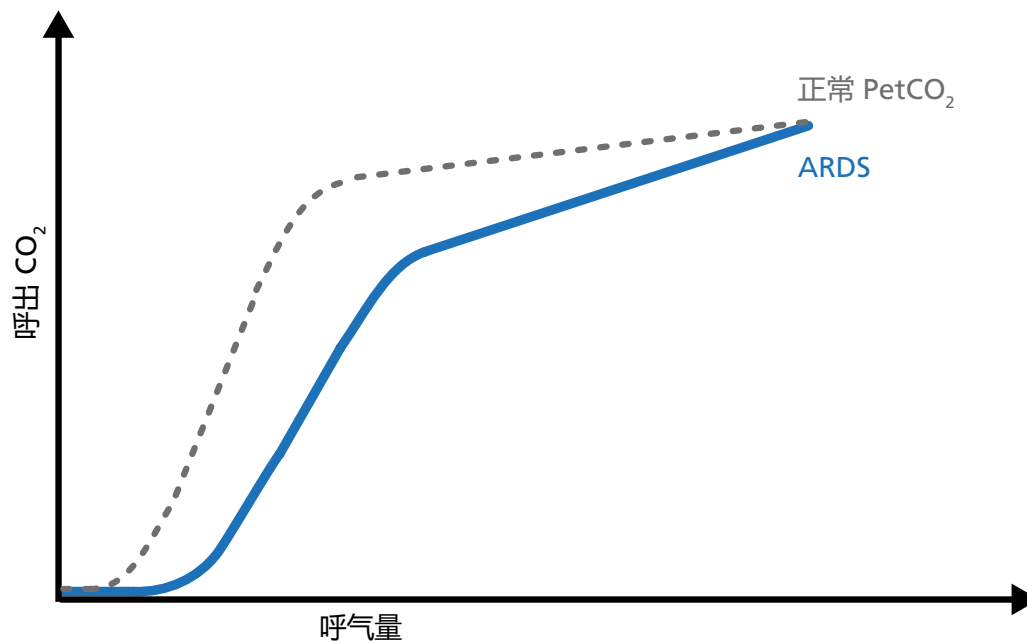
ARDS 时，通气/灌注比值被扰乱，可观察到容积二氧化碳图曲线的斜率改变。



由于 PEEP 导致解剖死腔增加，第 I 相会更大。

第 II 相的斜率因肺灌注异常而降低。

第 III 相的斜率因肺异质性而增加。



PEEP 管理

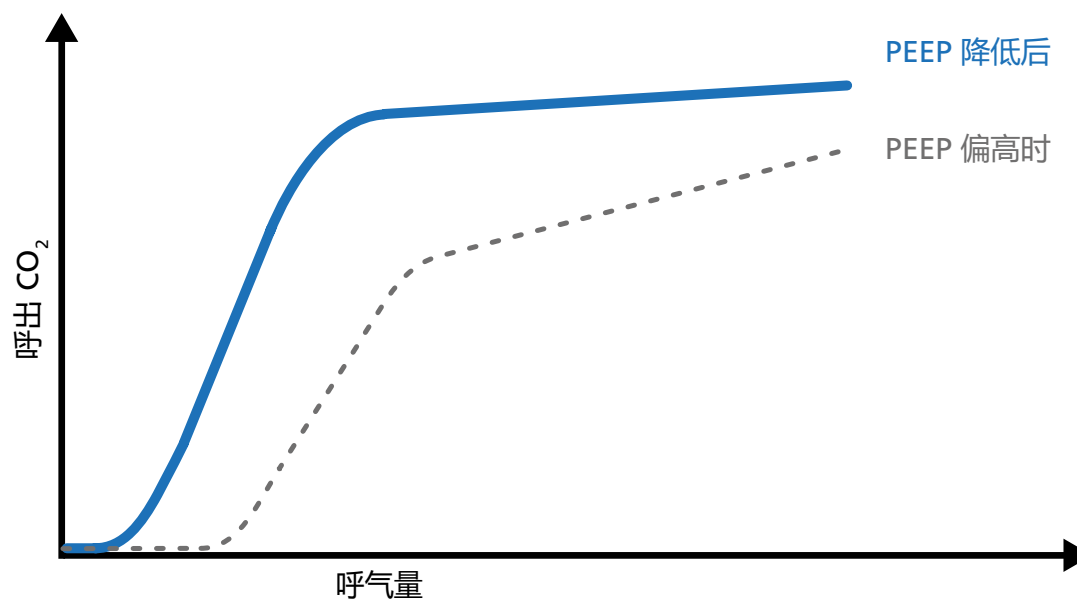
如果 PEEP 太高，胸内压升高，静脉回流减少，肺血管阻力 (PVR) 增加。这些改变可在容积二氧化碳图上很容易观察到。



第 I 相扩大显示解剖死腔增加。

第 II 相斜率降低显示灌注减少。

第 III 相斜率增加显示气体分布不当，这可能是由 PEEP 设置不恰当偏低或偏高引起肺过度扩张而导致的。



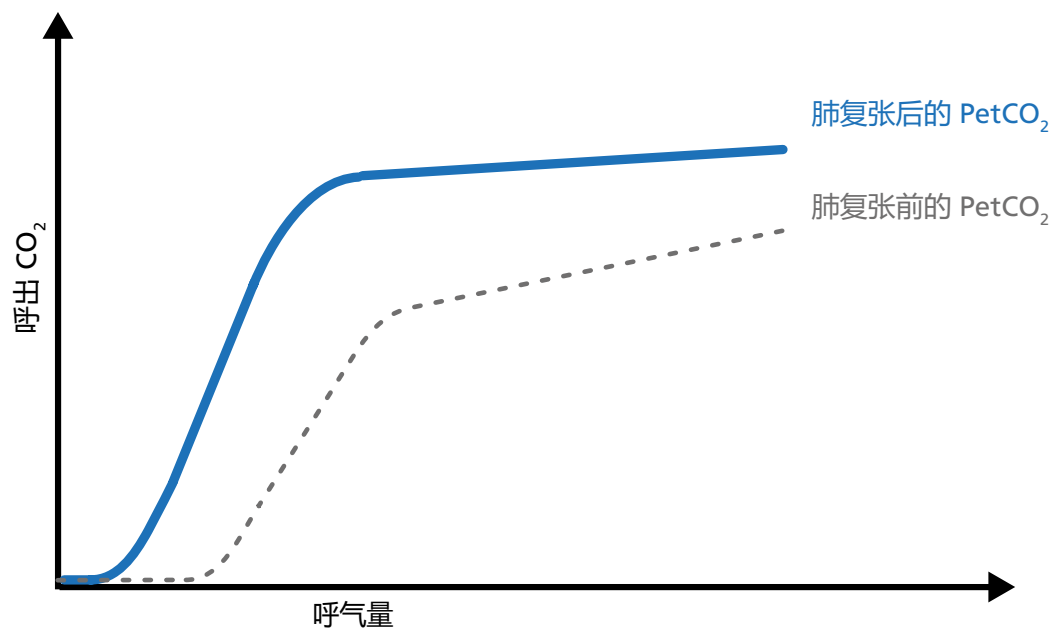
肺复张操作

容积二氧化碳图可用于评估肺复张操作的有效性，可以使您深入了解复张的肺容量。



肺复张操作成功后， $\dot{V}'\text{CO}_2$ 应出现短暂增加。

第 I 相可能稍微减少。第 II 相的斜率因肺灌注增加而更加陡峭。第 III 相的斜率因更匀质的肺排空而改变（斜率下降）。



呼气阻力

凹形第 III 相容积二氧化碳图见于肥胖病人及呼气阻力增加的病人。肥胖病人（图 1）可出现双相排空及较 PaCO_2 更高的 PetCO_2 。该差异表明不同的机械性和通气/灌注特性。呼气阻力增加（图 2）可能反应了在慢呼吸相，肺泡 CO_2 缓慢积聚。最后排空的肺泡可能有更多时间进行 CO_2 弥散。

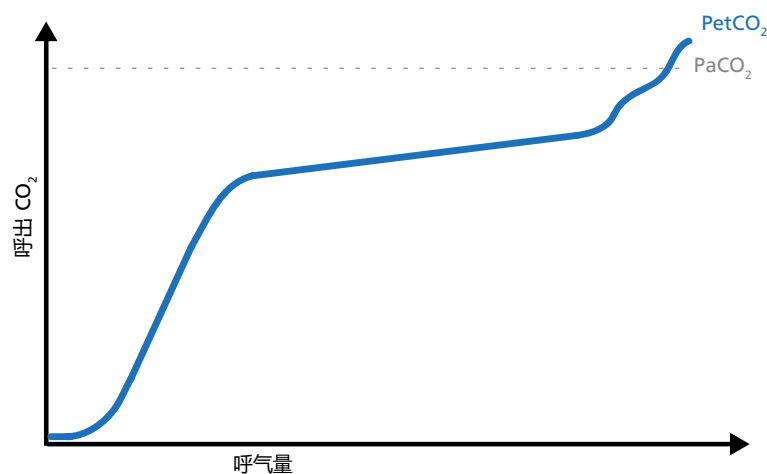


图 1：凹形容积二氧化碳图与肥胖相关

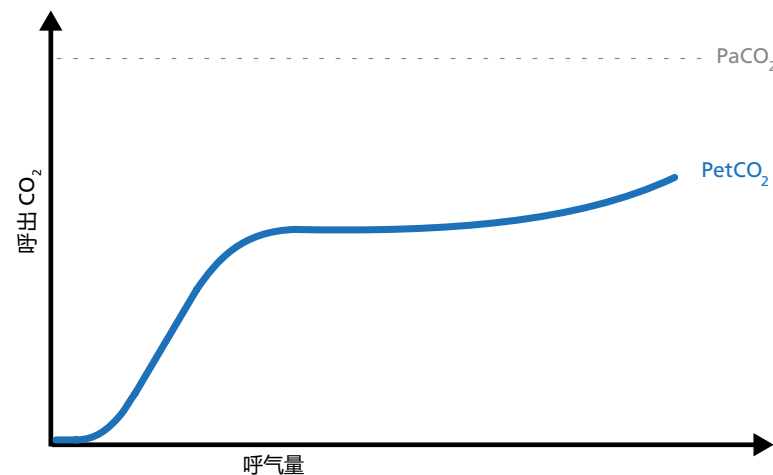


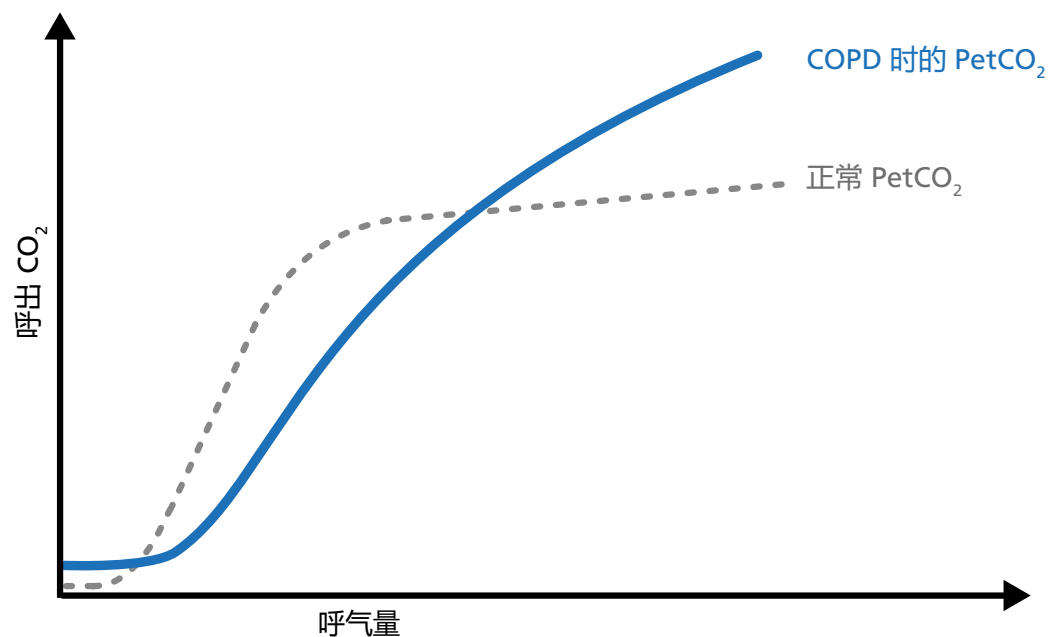
图 2：凹形容积二氧化碳图与气道阻力增加相关

阻塞性肺病 – 1/2

当无法进行可靠的肺功能测定时，容积二氧化碳图可用作评估阻塞性肺病（COPD、哮喘、囊性纤维化等）病人功能受累程度的替代测试。阻塞性肺病的特点是通气/灌注比值不同区域的非同步排空。



COPD 病人容积二氧化碳图显示第 II 相延长， PetCO_2 增加，以及第 III 相斜率持续上升，但缺少平台。



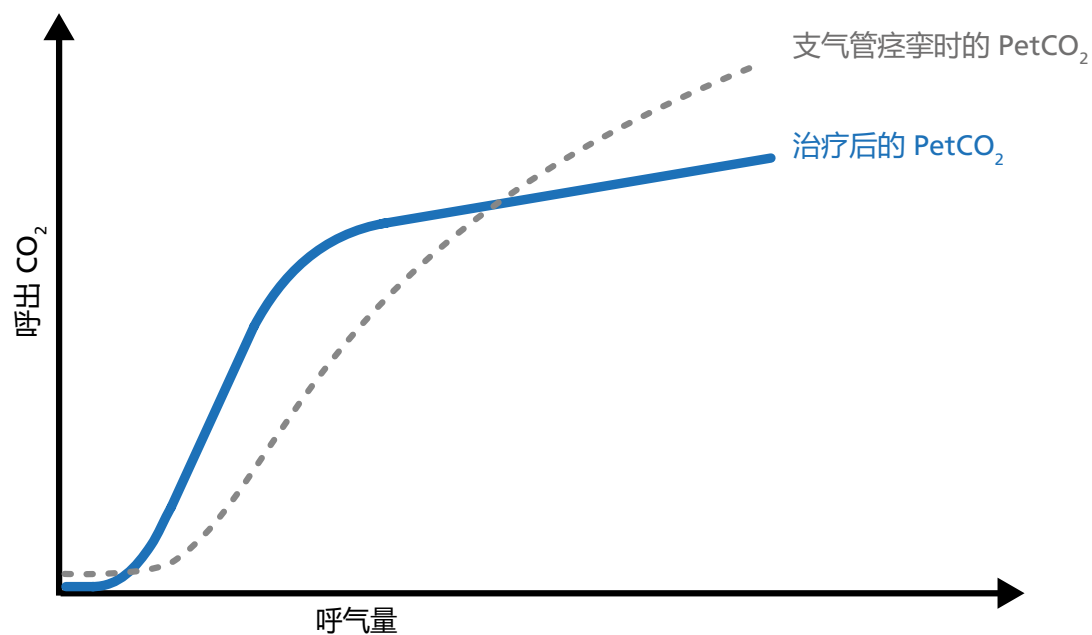
阻塞性肺病 – 2/2

气道阻力偏高的病人显示第 II 相斜率降低及第 III 相斜率陡峭。容积二氧化碳图可使您深入了解治疗的有效性。



第 II 相向左移动表示阻力减少。

第 III 相斜率陡峭度降低显示气体分布更佳及肺泡死腔减少 (VD_{alv})。



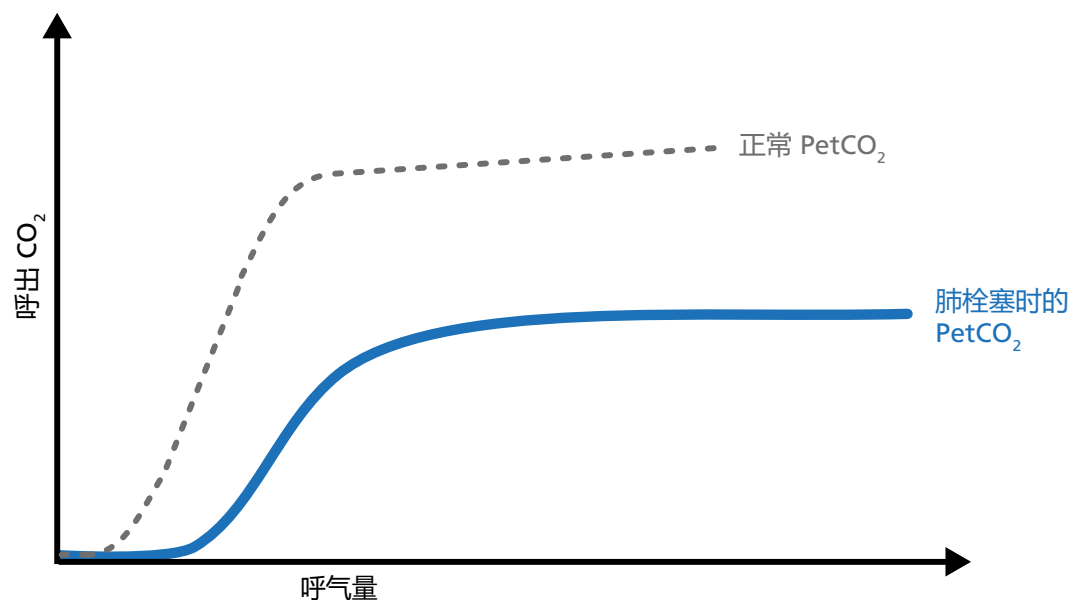
肺栓塞的征象

肺栓塞 (PE) 可导致异常肺泡死腔，其与正常灌注肺泡的气体同步呼出。肺栓塞的这个特点可使其不同于累及气道的肺病，后者的特点是通气/灌注关系不等的非同步排空。如果为突发性肺栓塞，容积二氧化碳图会显示一个典型的独特形状。



对于由肺栓塞导致的突发性肺血管阻塞病人，第 I 相因解剖死腔增加而扩大。

第 II 相的斜率因肺灌注不良而降低。第 III 相有一个正常平台及 PetCO_2 偏低，这是因为功能肺泡数减少。在这种情况下， $\text{V}'\text{CO}_2$ 会骤降。

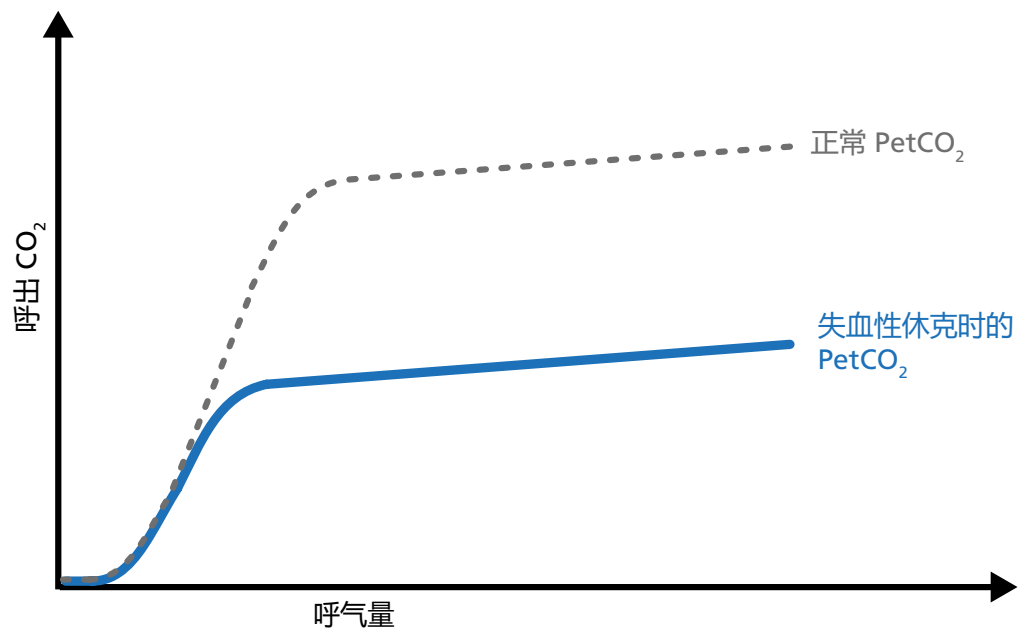


失血性休克

失血性休克是一种组织灌注减少的疾病，可导致细胞功能所需氧气及营养物输送不充分。



呼出 CO_2 骤降。第 I 相保持不变，第 II 和 III 相斜率保持不变，但 PetCO_2 因肺泡死腔增加而减少。



优化撤机过程管理 – 1/2

容积二氧化碳图及趋势图可显示病人对撤机试验的反应，以便更好地管理撤机过程。

成功撤机试验的指征是：

- **稳定的 V'_{alv} 和恒定的潮气量**

当通气支持逐渐撤离时，如果病人保持 V'_{alv} 稳定和自主呼吸潮气量恒定，则需承担额外的呼吸做功。

- **$V'\text{CO}_2$ 保持稳定，然后稍微增加**

$V'\text{CO}_2$ 稍微增加表示 CO_2 产生率增加，这是因为病人呼吸做功随呼吸支持减少而增加。这表明因病人需要进行额外的呼吸任务而导致代谢活动增加。

优化撤机过程管理 – 2/2

失败撤机试验的指征是：

- **$V'\text{CO}_2$ 骤增**

$V'\text{CO}_2$ 骤增表明呼吸做功过大及可能即将出现呼吸代偿障碍。这种情况与望诊病人呼吸窘迫增加一致（例如呼吸肌肉收缩、呼吸急促和激动）。如果病人力竭， $V'\text{CO}_2$ 最终将减少。

- **$V'\text{CO}_2$ 减少**

由于呼吸机设置值减小，病人不再能够维持充分的自主呼吸，总分钟通气量随 CO_2 排出量减少而下降。

- **$\text{VD}_{\text{aw}}/\text{VTE}$ 比值增加**

如果通气支持减少后潮气量下降，则 $\text{VD}_{\text{aw}}/\text{VTE}$ 比值增加。这会使通气效率及病人排出 CO_2 的能力降低。

病人转运途中监测灌注

如果动脉监测不是转运通气病人时的常规措施， PetCO_2 可用于监测转运途中的灌注和通气。



PetCO_2 减少伴随 VCO_2 下降可预示：

- 气管插管移位
- 心输出量减少
- 肺栓塞
- 肺不张
- 肺泡过度扩张（例如过大 PEEP）

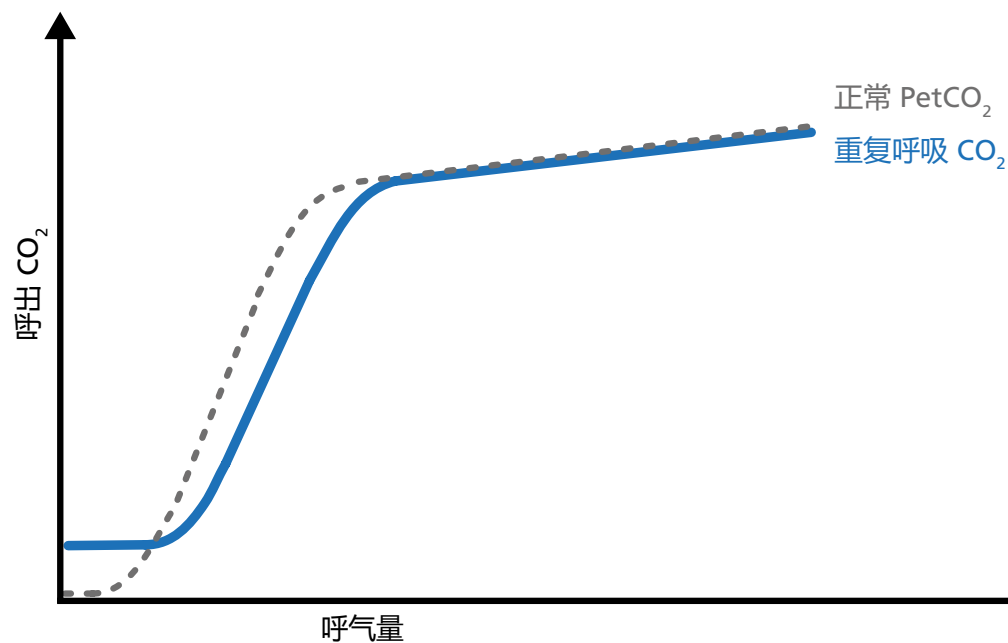


检测重复呼吸

第 I 相基线抬高表示 CO_2 重复呼吸，这可能是由机械问题或机械死腔的治疗应用导致的。



考虑重新校准二氧化碳传感器或减少气道附件。



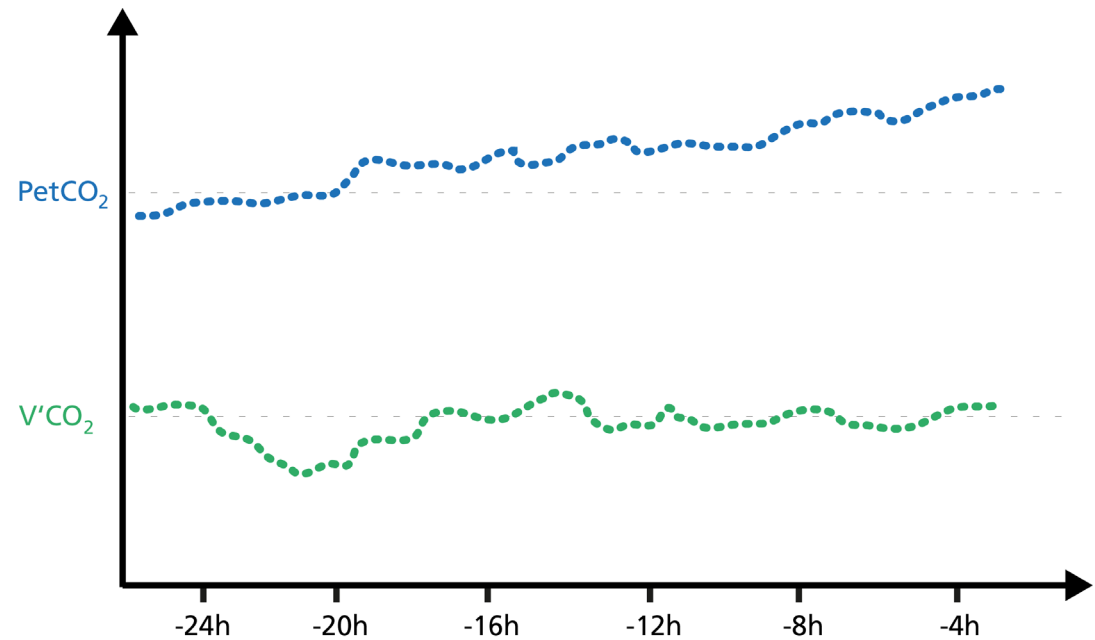
趋势图临床应用

PetCO₂ 与 V'CO₂ - 相反的非同步趋势图



如果当 V'CO₂ 趋势图减少片刻后返回基线时 PetCO₂ 趋势图上移，这表示通气恶化。

如果当 V'CO₂ 趋势图增加片刻后返回基线时 PetCO₂ 趋势图下移，这表示通气改善。

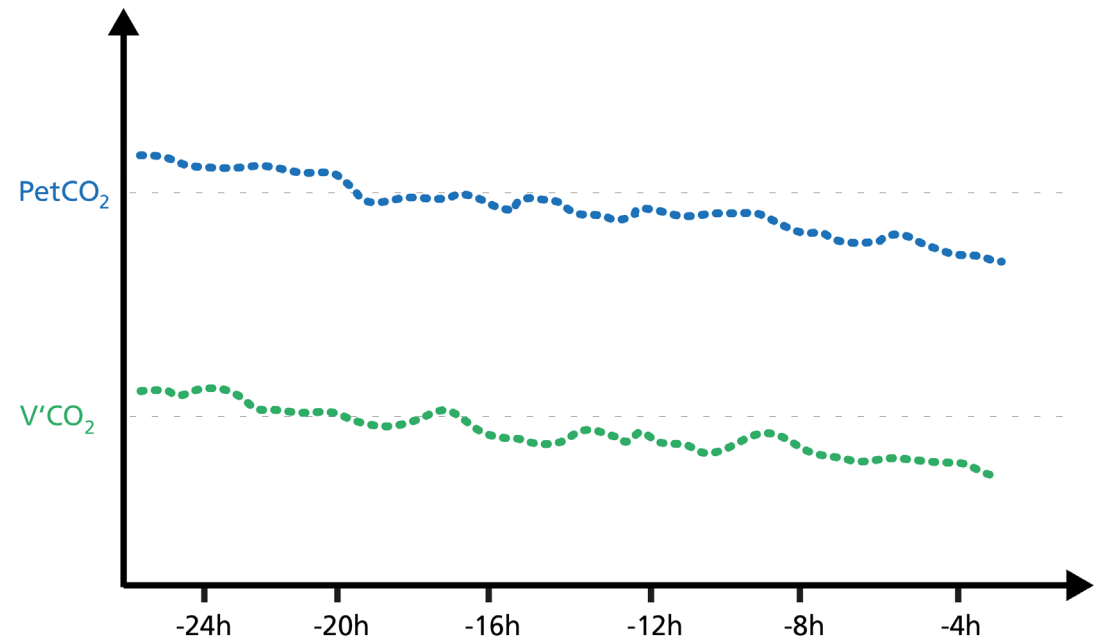


PetCO₂ 与 V'CO₂ - 同步趋势图



升高的 PetCO₂ 和 V'CO₂ 趋势图显示 CO₂ 产生率增加（激惹、疼痛、发烧）。

降低的 PetCO₂ 和 V'CO₂ 趋势图显示 CO₂ 产生率下降。

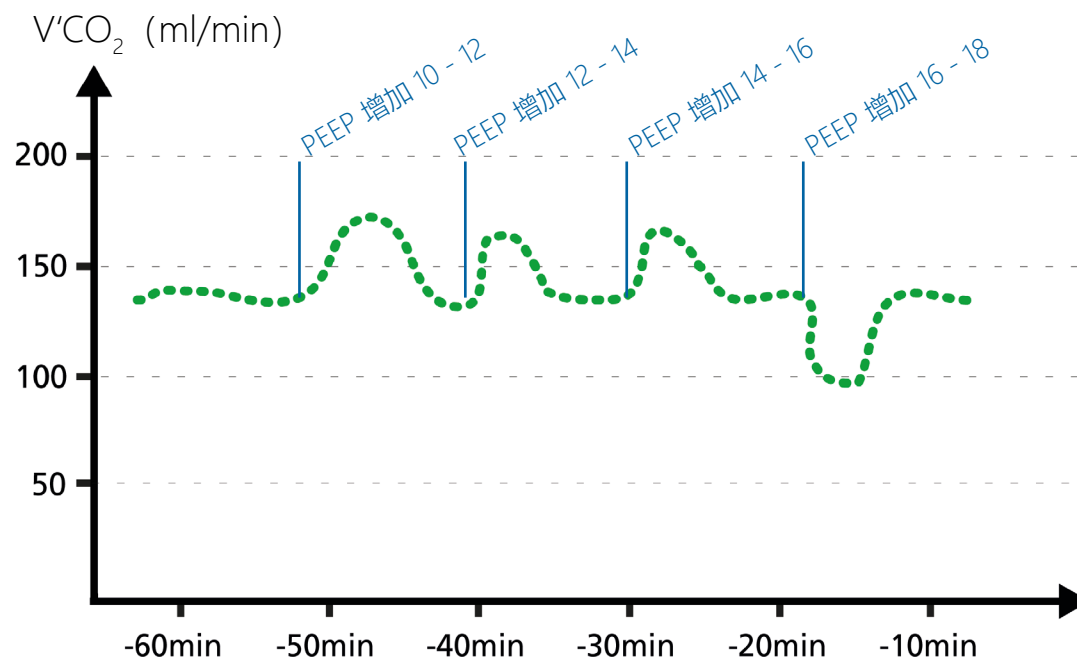


通过趋势图优化 PEEP



当 PEEP 改变与通气/灌注比值改善相关时， $V'\text{CO}_2$ 显示在几分钟内短暂增加，然后回到基线，也就是说，与 CO_2 产生率处于平衡状态。

当 PEEP 改变与通气/灌注比值恶化相关时， $V'\text{CO}_2$ 在几分钟内短暂减少，然后回到基线。



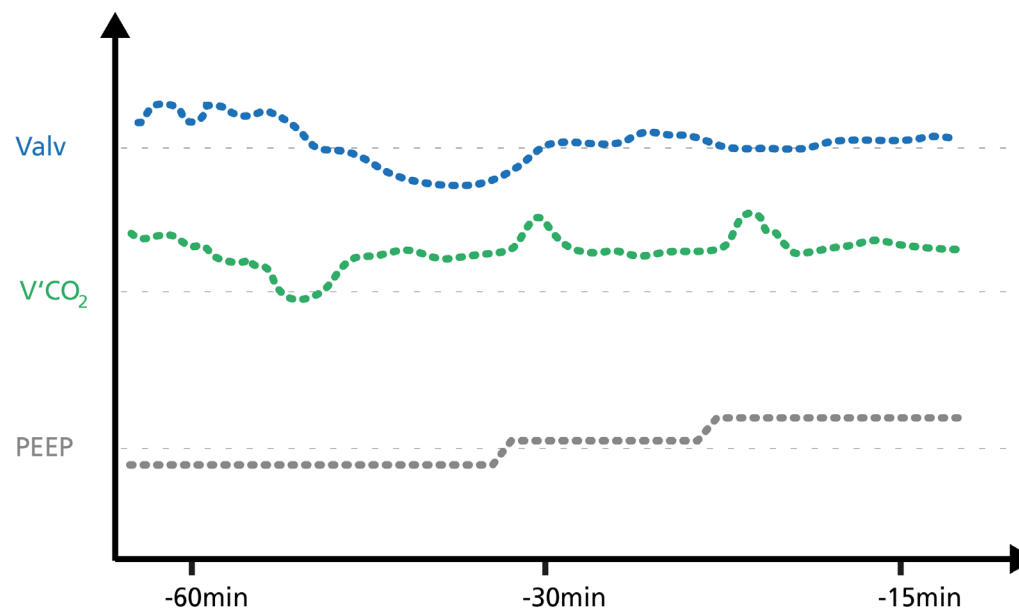
检测肺泡去复张



容积二氧化碳图提供持续监测以检测肺泡塌陷和复张。

如果肺塌陷，肺泡通气量和 $V'\text{CO}_2$ 将首先减少，然后再次稳定在平衡状态。

例如 PEEP 增加时的肺复张，可检测到 $V'\text{CO}_2$ 在回到平衡状态之前出现 $V'\text{CO}_2$ 短暂尖峰。



自我测试

多项选择测试

现在可将您新学到的知识应用到测试中。下面介绍了插管 ICU 病人的临床病例，每个病例均包括三个典型症状。您的任务是通过解读容积二氧化碳图检查病人的状况。

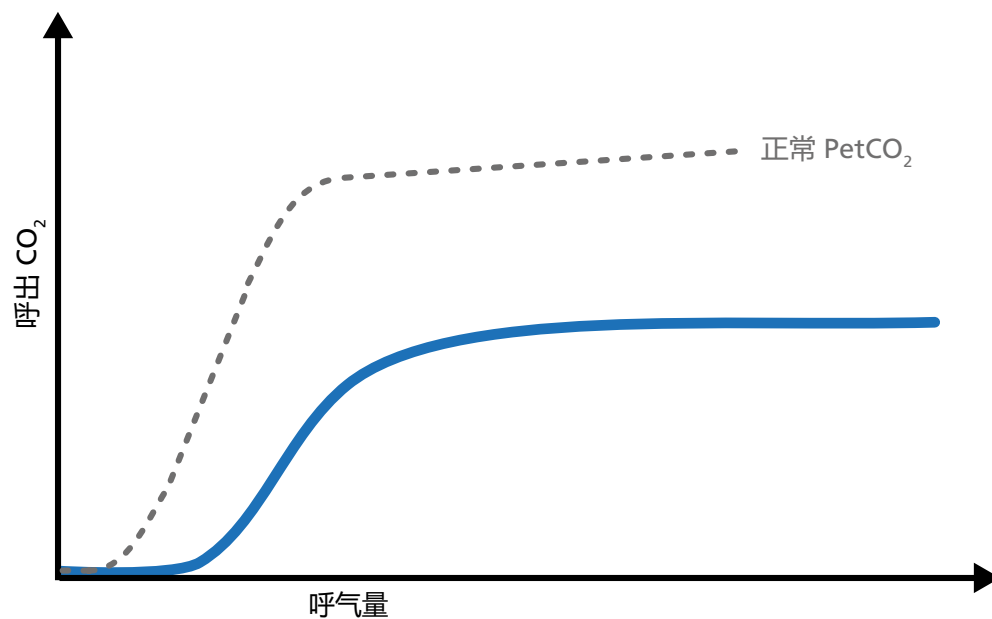
您有三个答案可选，其中一个是正确的。
答案见第 48 页。

祝好运！

A	☐
B	☒
C	☐

病人 A

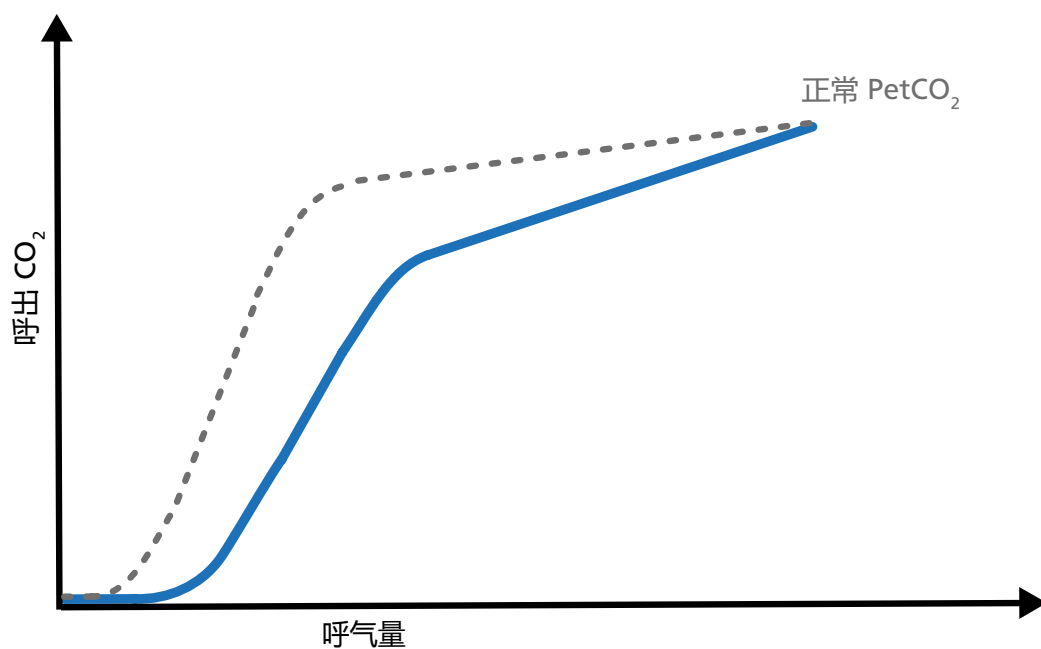
成年女性插管病人的呼吸频率为 35 次/分钟（呼吸急促），并出现小腿肿胀。容积二氧化碳图显示什么？



- a) 肺栓塞
- b) ARDS
- c) 脓毒症

病人 B

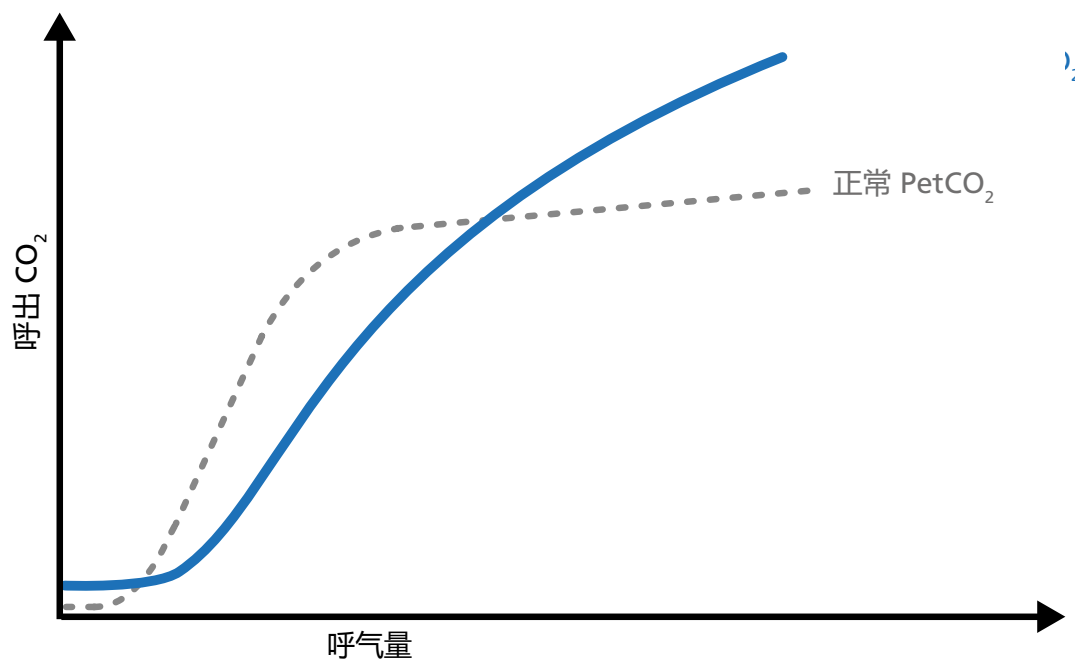
成年男性插管病人出现无痰干咳、肺部有分裂性杂音及心率 110 次/分钟（心动过速）。容积二氧化碳图显示什么？



- a) 心脏骤停
- b) ARDS
- c) 脓毒症

病人 C

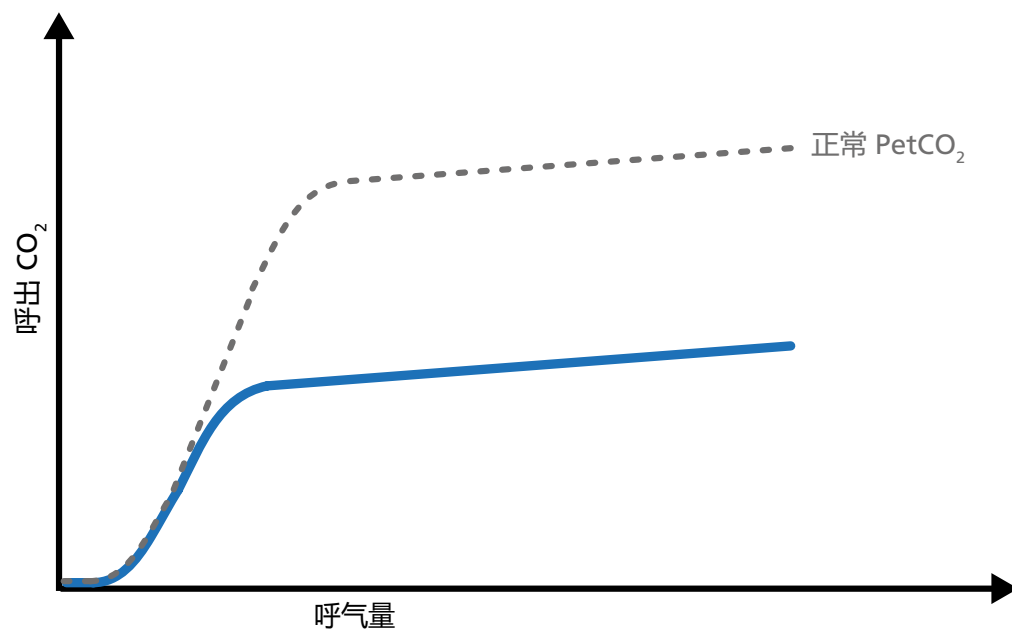
成年男性插管病人的嘴唇和指甲床发青（紫绀），血氧饱和度 (SaO_2) 89%，X 光片显示肺过度扩张。容积二氧化碳图显示什么？



- a) PEEP 太高
- b) 肺栓塞
- c) 严重 COPD

病人 D

成年男性病人，在车祸后住院昏迷，无可见损伤，插管后出现低血压、高血糖及心率 118 次/分钟（心动过速）。容积二氧化碳图显示什么？



- a) 气胸
- b) ARDS
- c) 失血性休克

解决方案

病人 A	a) 肺栓塞
病人 B	b) ARDS
病人 C	c) 严重 COPD
病人 D	c) 失血性休克

附录

Hamilton Medical 哈美顿医疗

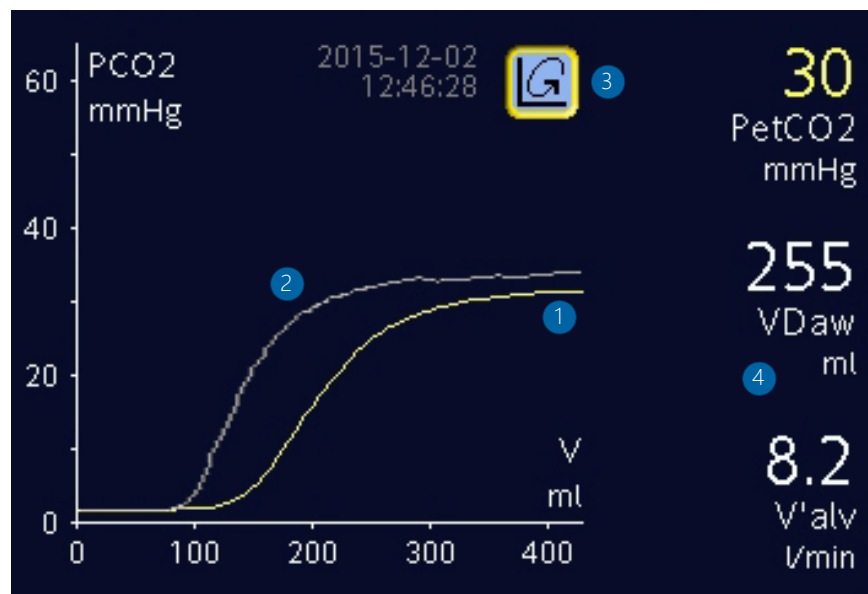
公司呼吸机上的容积二氧化碳图

所有 Hamilton Medical 哈美顿医疗公司呼吸机都提供容积二氧化碳图，或为标准配置或为选配功能。

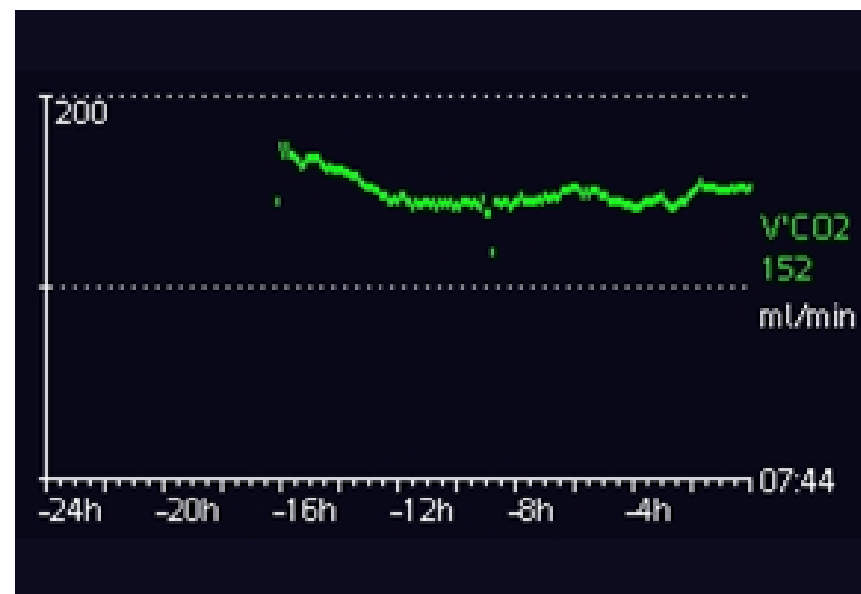
CO₂ 测量可使用病人气道开口处的 CAPNOSTAT® 5 主流式二氧化碳传感器进行。CAPNOSTAT® 5 传感器针对呼气末二氧化碳分压 (PetCO₂)、呼吸频率及在 150 次/分钟下所有呼吸频率的清晰、准确的二氧化碳图提供技术先进的测量。



显示器上的环图和趋势图



- 1 当前容积二氧化碳图环图
- 2 容积二氧化碳图参考环图
- 3 带环图日期和时间的参考环图
- 4 每次呼吸最相关的 CO_2 数值

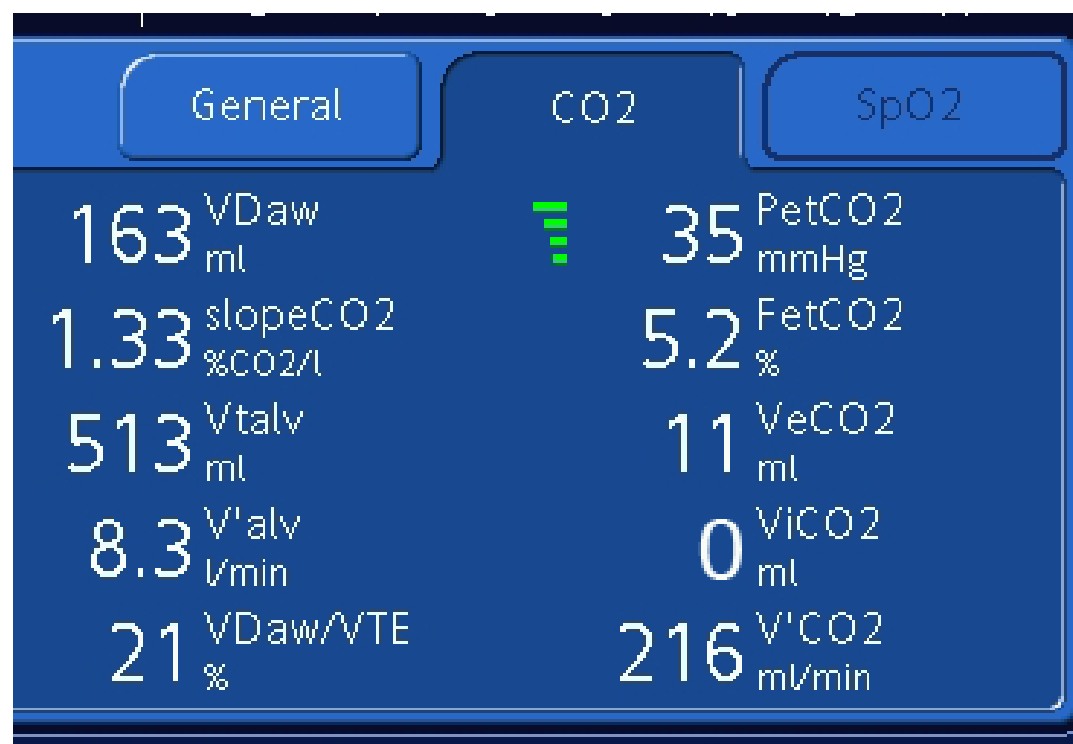


可提供下列测量的 72 小时趋势图（或可通过 HAMILTON-S1/G5 提供 96 小时趋势图）：

- PetCO₂
- V'CO₂
- FetCO₂
- VeCO₂
- ViCO₂
- VD_{aw}
- VD_{aw}/VTE
- slopeCO₂

监测中的容积二氧化碳图

为便于病人治疗和减轻医务人员的负担，Hamilton Medical 哈美顿医疗公司呼吸机在监测窗口中囊括了所有相关的 CO₂ 数值。



计算公式

$V_{t_{alv}}$ 肺泡潮气量

$$V_{t_{alv}} = V_t - V_{D_{aw}}$$

V'_{alv} 肺泡分钟通气量

$$V'_{alv} = RR * V_{t_{alv}}$$

V_{CO_2} 每次呼吸的 CO_2 排出量

$$V_{CO_2} = V_e CO_2 - V_i CO_2$$

V'_{CO_2} 每分钟的 CO_2 排出量

$$V_{CO_2} * \text{呼吸次数/分钟}$$

F_{etCO_2} 呼出气体中的二氧化碳浓度

$$F_{etCO_2} = V'_{CO_2} / \text{MinVol}$$

P_{etCO_2} 呼气末二氧化碳分压

$$P_{etCO_2} = F_{etCO_2} * (P_b - P_{H_2O})$$

$V_{D_{aw}}/V_{TE}$ 解剖死腔比

$$V_{D_{aw}}/V_{TE} = 1 - (P_{etCO_2}/P_{aCO_2})$$

通气病人的正常值举例¹

说明	单位 ²	正常	参考文献
VD _{aw}	ml	2.2 ml/kg IBW	Radford 1954
slopeCO ₂	%CO ₂ /l	31324 * Vt-1.535	Aström 2000
V'CO ₂	ml/min	2.6 - 2.9 ml/min/kg	Weissmann 1986 / Wolff 1986
FetCO ₂	%	5.1% 至 6.1%	Wolff 1986
V'alv (肺泡分钟通气量)	l/min	0.052 - 0.070 l/min/kg	(V'CO ₂ / FetCO ₂)

1. 这些值只是为了说明，不能取代医师指定的治疗方案。
2. 大批气体容积如分钟通气量和潮气量一样在 BTPS 下测量。特定气体容积则在 STPD 下测量。在物理教科书上可查到转换系数。

参考文献 A – Z

- Anderson** JT, Owings JT, Goodnight JE. Bedside noninvasive detection of acute pulmonary embolism in critically ill surgical patients. Arch Surg 1999;134(8):869–874; discussion 874–875.
- Aström** E, Niklason L, Drefeldt B, Bajc M, Jonson B. Partitioning of dead space – a method and reference values in the awake human. Eur Respir J. 2000 Oct; 16(4):659-664.
- Blanch** L, Romero PV, Lucangelo U. Volumetric capnography in the mechanically ventilated patient. Minerva Anesthesiol. 2006 Jun;72(6):577-85.
- Erikson**, L, Wollmer, P, Olsson, CG, et al. Diagnosis of pulmonary embolism based upon alveolar dead space analysis. Chest1989;96,357-362.
- Fletcher** R. The single breath test for carbon dioxide [dissertation]. Lund, Sweden: University of Lund, 1980. 2nd edition revised and reprinted, Solna, Sweden: Siemens Elema, 1986.
- Kallet** RH, Daniel BM, Garcia O, Matthay MA. Accuracy of physiologic dead space measurements in patients with acute respiratory distress syndrome using volumetric capnography: comparison with the metabolic monitor method. Respir Care. 2005 Apr;50(4):462-7.
- Kiiski**, Ritva, and Jukka Takala. „Hypermetabolism and efficiency of CO2 removal in acute respiratory failure.“ CHEST Journal 105.4 (1994): 1198-1203.
- Kumar** AY, Bhavani-Shankar K, Moseley HS, Delph Y. Inspiratory valve malfunction in a circle system: pitfalls in capnography. Can J Anaesth 1992;39(9):997–999.
- Nuckton** TJ, Alonso JA, Kallet RH, Daniel BM, Pittet JF, Eisner MD, Matthay MA. Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2002 Apr 25; 346(17):1281-1286.
- Olsson** K, Jonson B, Olsson CG, Wollmer P. Diagnosis of pulmonary embolism by measurement of alveolar dead space. J Intern Med. 1998 Sep;244(3):199-207.
- Pyles** ST, Berman LS, Modell JH. Expiratory valve dysfunction in a semiclosed circle anesthesia circuit: verification by analysis of carbon dioxide waveform. Anesth Analg 1984;63(5):536–537.
- Radford** EP. Ventilation standards for use in artificial respiration. N Engl J Med 1954; 251:877-883.
- Rodger** MA, Jones G, Rasuli P, Raymond F, Djunaedi H, Bredeson CN, Wells PS. Steady-state end-tidal alveolar dead space fraction and D-dimer: bedside tests to exclude pulmonary embolism. Chest 2001;120(1):115–119.
- Yaron** M, Padyk P, Hutsinpiiler M, Cairns CB. Utility of the expiratory capnogram in the assessment of bronchospasm. Ann Emerg Med. 1996 Oct;28(4):403-7.
- Weissman** C, Kemper M, Elwyn DH, Askanazi J, Hyman AI, Kinney JM. The energy expenditure of the mechanically ventilated critically ill patient. An analysis. Chest. 1986 Feb; 89(2):254-259.
- Wolff** G, Brunner JX, Grädel E. Gas exchange during mechanical ventilation and spontaneous breathing. Intermittent mandatory ventilation after open heart surgery. Chest. 1986 Jul; 90(1):11-17
- Wolff** G, Brunner JX, Weibel W, et al. Anatomical and series dead space volume: concept and measurement in clinical practice. Appl Cardiopul Pathophysiol 1989; 2:299-307.

术语表 A – Z

f	呼吸频率 = 每分钟的呼吸次数
PaCO ₂	动脉血二氧化碳分压；动脉血二氧化碳浓度或张力，以 mmHg 或 kPa 表示
PCO ₂	二氧化碳分压
PetCO ₂	呼气末二氧化碳分压
SBCO ₂	一口气二氧化碳
V'alv	肺泡分钟通气量
	实际参与气体交换的分钟通气总量
V'CO ₂	每分钟的 CO ₂ 排出量
VD	生理死腔
VD _{aw}	解剖死腔
VD _{aw} /VTE	解剖死腔与潮气量之比
Ve	分钟通气量 = 潮气量乘以呼吸频率 (Vt x f = Ve)
VeCO ₂	CO ₂ 呼出量
ViCO ₂	CO ₂ 吸入量
VTE	潮气量是指表示吸气与呼气之间排出气体的正常容量的肺容量

版本说明

出版者： Hamilton Medical 哈美顿医疗公司

作者： Karjaghli Munir
Matthias Himmelstoss

发行日期： 2016年3月

版本： 2



Handwriting practice lines consisting of four sets of horizontal lines. Each set includes a solid top line, a dashed midline, and a solid bottom line, providing a guide for letter height and placement.



Handwriting practice lines consisting of four sets of horizontal lines. Each set includes a solid top line, a dashed midline, and a solid bottom line, providing a guide for letter height and placement.



更多信息：
www.hamilton-medical.com/volumetric-capnography



制造商：

Hamilton Medical AG

Via Crusch 8, 7402 Bonaduz, Switzerland

+41 58 610 10 20

info@hamilton-medical.com

www.hamilton-medical.com

ELO20160411N.02 此处所示产品并非向一般公众出售。此处所提供的信息仅适用于医疗专业人士。务必阅读标签并遵循产品的使用说明。产品规格如有变更、恕不另行通知。某些功能是选配件。并非所有市场均提供所有功能。所有图像仅作图示说明之用，可能未准确展示产品或其用途。有关全部专有商标 (®)和 Hamilton Medical 哈美顿医疗公司使用的第三方商标，请参阅 www.hamilton-medical.com/trademarks。© 2023 Hamilton Medical 哈美顿医疗公司。版权所有。