



P/V Tool[®] Pro

用户指南

评估成人病人肺的可复张性并执行肺复张操作

本用户指南描述如何对成人病人评估肺复张和执行肺复张操作。

虽然本文所含信息准确无误，但这不是 Hamilton Medical 哈美顿医疗公司的官方建议，也不能代替经过培训的专业医护人员的观点、评估或说明。

既不能替代医师的临床诊断，也不能替代呼吸机操作手册的内容，但在使用呼吸机时请务必提供本用户指南。

P/V Tool Pro 可作为 HAMILTON-C3/C6/G5 呼吸机上的选项；它是 HAMILTON-S1 呼吸机上的一个标准功能。

参考文献请参见本指南背面，第 23 页。



目录

1. 概述.....	4
2. 使用条件.....	6
3. 肺复张方案：基础和高级	9
4. 步骤 1. 评估肺的可复张性.....	10
5. 步骤 2a. 执行一次肺复张操作	13
6. 步骤 2b. 执行第二次肺复张操作.....	17
7. 执行递减 PEEP 滴定	20
8. 执行第三次肺复张操作.....	21
9. 食道压测量	22
10. 参考文献.....	23

1. 概述

1.1 P/V Tool Pro 的肺复张策略

在急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 病人中，肺复张策略将肺复张操作和呼气末正压 (PEEP) 结合起来以防止不张性肺损伤。肺复张操作表示跨肺压 (P_{transpulm}) 高于常规机械通气所用值的有意短暂增加的过程，主要目的是打开不稳定的远端气道和 / 或无空气肺泡。该操作也常被称作肺泡复张操作，因为打开塌陷的肺泡单位是肺复张操作的主要功效。¹ PEEP 可以通过保持那些肺区域扩张（否则可能塌陷）来减少呼吸机相关性肺损伤。²

在 ARDS 病人中，潜在可复张肺的比例有很大差异。最具重力依赖区域的塌陷肺泡和实变肺泡往往需要超过 35-40 cmH₂O 的气道开放压来进行肺复张。²

了解潜在可复张肺百分比的知识对于确定 PEEP 的治疗效果很重要。PEEP 水平设置过低会降低 PEEP 的可能益处，而在具有低潜在可复张肺百分比的病人中使用高水平的 PEEP 几乎没有任何益处，相反，这实际上可能有害。³

P/V Tool Pro

P/V Tool Pro 提供了一种床旁方法，可用于评估肺复张性以及执行肺复张操作。^{4, 5, 6}

1. 概述

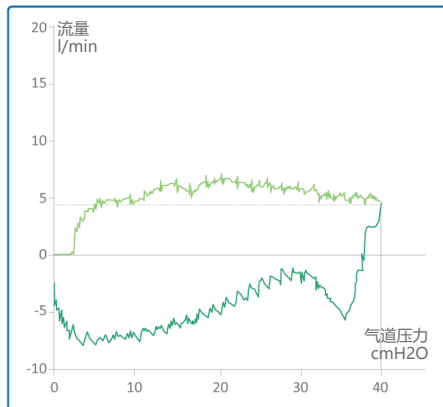
1.2 准静态低流量压力 / 容量曲线

研究表明利用压力 - 容量 (P/V) 环图在床旁确定肺力学指标时, 小于或等于 10 l/min 的流量既快速, 又安全可靠。⁷

我们建议使用最小压力改变速度 2 cmH₂O/s 消除呼吸系统阻力的压力变化。

欲在 P/V Tool Pro 中访问此图表

- ▶ 触摸 P/V Tool 图表面板, 然后选择“气道压 / 流量”选项。



2. 使用条件

2.1 肺复张和 P/V Tool Pro 有关的重要注意事项

- 大多数病人需要深度镇静，而某些病人需要附加神经肌肉阻滞才能防止自主呼吸。
- 在诊断和肺复张操作期间监测病人的血液动力学指标至关重要。
如果发生任何血液动力学障碍，立即**停止**操作。
- 确保给气管内插管气囊充气，使其压力高于 P/V Tool 设置中所规定的最大压力。*
- 在两次 P/V Tool 肺复张操作之间病人必须接受至少五 (5) 次呼吸。
- 在使用之前，仔细查看执行肺复张操作的适应证和禁忌证，详见下面第 7 页和第 8 页。
- P/V Tool Pro 在多个通气模式中不可用。有关详细信息，请参阅呼吸机操作手册。

* 如果使用 IntelliCuff，则自动监测和维持气囊压力。

2. 使用条件

2.2 执行肺复张操作的适应证

适应证

- 在中度到严重 ARDS 管理的早期
- 作为肺开放方法的一部分
- 在手术、复苏或类似干预后发生氧合损害的情况下。

使用条件

- 病人已插管且为被动呼吸，即没有自主呼吸。
- 呼吸管路密闭。整个系统，包括呼吸机、呼吸管道或通气病人必须都没有漏气。
- 雾化器关闭。P/V Tool Pro 在雾化过程中以及雾化后的五 (5) 次呼吸是不可用的。
- 流量传感器必须在最佳使用状态。获取的信息质量取决于流量传感器状况。当“需要校准流量传感器”报警激活时 P/V Tool Pro 不可用。

2. 使用条件

2.3 执行肺复张操作的禁忌证

符合下列任一条件禁忌使用 P/V Tool :

- 漏气
- 妊娠
- 肺气肿
- 血液动力学不稳定
- 确诊或疑似颅内高压
- 不能忍受高肺内压力的病人 (如右心衰竭)

3. 肺复张方案：基础和高级

基础方案

基础方案包括两个步骤，其必须按照规定顺序执行。
切勿跳过任一步骤！

- 步骤 1. 评估肺的可复张性
- 步骤 2a. 首次肺复张操作

高级方案

如果基础方案未产生有效肺复张，则继续执行高级方案。

- 步骤 2b. 第二次肺复张操作

4. 步骤 1. 评估肺的可复张性

4.1 生成低流量 P/V 曲线

在 P/V Tool 设置窗口中，指定以下设置，以生成低流量 P/V 曲线：

开始压力： 5 cmH₂O

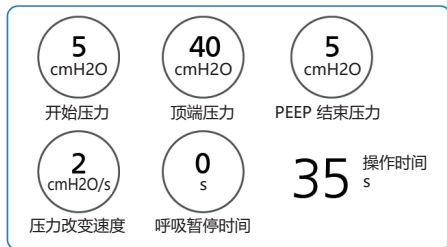
顶端压力： 40 cmH₂O

PEEP 结束压力： 5 cmH₂O

注意： 在操作后提示是否改变 PEEP 设置时，
触摸“否”。

压力改变速度： 2 cmH₂O/s

吸气暂停时间： 0 s



欲开始操作

- ▶ 触摸“开始 / 停止操作”。

4. 评估肺的可复张性

4.2 评估肺复张潜力

要评估病人的肺复张潜力，使用低流量 P/V 波形计算标准化最大距离 (NMD) (参阅第 10 页，第 12 页的示例)。⁸

✓ 肺复张潜力高

NMD% $\geq$ 41%

$$\text{NMD\%} = \frac{\text{吸气和呼气的最大容量差 (dV)}}{\text{最大容量}}$$

有关示例请参阅第 12 页。

✗ 肺复张潜力低

NMD% $<$ 41%

考虑：

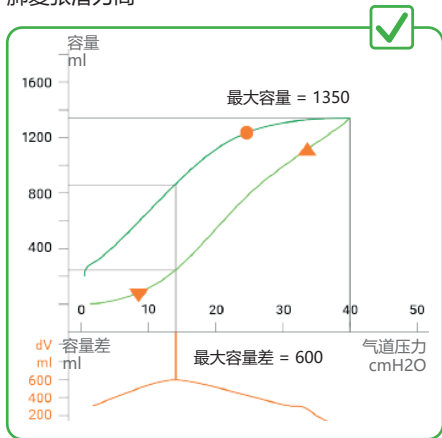
- 使 PEEP 小于 10 cmH₂O
- 俯卧位
- 持续性低氧血症 → 考虑 ECMO

4. 评估肺的可复张性

4.3 关于标准化最大距离 (NMD)

NMD% $\geq 41\%$

肺复张潜力高

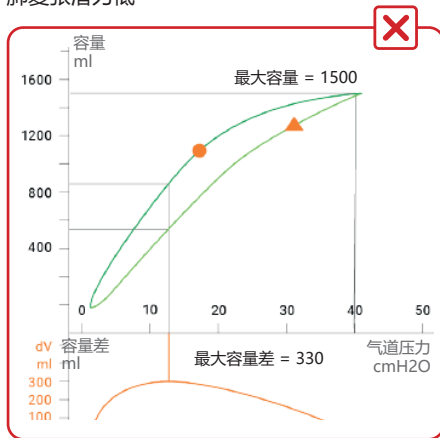


最大容量差 / 最大容量 = 600/1350

NMD% = 44%

NMD% $< 41\%$

肺复张潜力低



最大容量差 / 最大容量 = 330/1500

NMD% = 22%

5. 步骤 2a. 执行一次肺复张操作

5.1 开始前

- 在执行肺复张操作之前，考虑降低“氧浓度”设置，以使氧饱和度值达到 92%。¹⁶
当氧饱和度高于 92% 时，会很难评估肺复张操作后氧合状态的改善情况。
- 如果 **NMD% ≥ 41%** (第 11 和 12 页)，则肺复张操作适用。⁸

5. 执行一次肺复张操作

5.2 指定肺复张操作的设置

在 P/V Tool 设置窗口中，指定以下设置，以执行初始肺复张操作：

开始压力： 目前 PEEP
顶端压力： 40 cmH₂O⁹
PEEP 结束压力： 15 cmH₂O
(或目前的 PEEP，如果目前的 PEEP 高于 15 cmH₂O)^{10,11}

注意： 在操作后提示是否改变 PEEP 设置时，触摸“是”。

压力改变速度： 5 cmH₂O/s

吸气暂停时间： 10 s¹³



欲开始操作

- 触摸“开始 / 停止操作”。

5. 执行一次肺复张操作

5.3 评估操作的有效性

以下标准有助于您评估肺复张操作是否有效。

✓ 有效肺复张

当满足以下两个标准时，肺复张有效：

- 顶端压力的容量增加大于 2.0 ml/kg IBW⁶ (第 16 页)
- 氧饱和度在 5 分钟内高于 97%¹⁷

✗ 无效肺复张

如果以上标准均不符合，则继续执行**高级**方案 (第 17 页)。

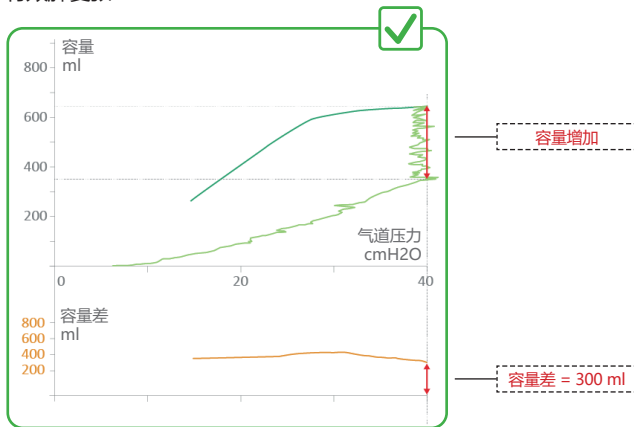
注意：有效肺复张可使呼吸系统顺应性增加，并导致潮气量增加或驱动压力降低。

5. 执行一次肺复张操作

5.4 顶端压力的容量增加是否充分？

顶端压力的容量增加大于 2.0 ml/kg IBW*

有效肺复张



示例

有效肺复张
IBW = 70 kg
容量差必须 > 140 ml

* 欲查看容量差，触摸 P/V Tool 图表面板，然后选择 Paw/V + Paw/dV 图表选项。

6. 步骤 2b. 执行第二次肺复张操作

6.1 开始前



如果首次肺复张操作（使用基础方案）在血液动力学方面耐受良好，则仅使用高级方案。

- 在肺复张操作后尝试将病人的呼吸系统驱动压力* 限制至最大 15 cmH₂O。
- 如果病人出现胸壁弹性增加的迹象（如病态肥胖或腹内高压），则考虑食道压力测量，以指引您的肺复张策略（第 22 页）。
- 在执行肺复张操作之前，考虑降低“氧浓度”设置，以使氧饱和度值达到 92%。¹⁶
当氧饱和度高于 92% 时，会很难评估肺复张操作后氧合状态的改善情况。

* 驱动压力 = 平台压 - 总 PEEP

6. 执行第二次肺复张操作

6.2 指定肺复张操作的设置

在 P/V Tool 设置窗口中，指定以下设置，以执行第二次肺复张操作：

开始压力： 目前 PEEP

顶端压力： 50 cmH₂O^{9,12}

PEEP 结束压力： 20 至 25 cmH₂O¹²

注意： 在操作后提示是否改变 PEEP 设置时，触摸“是”。

压力改变速度： 5 cmH₂O/s

吸气暂停时间： 10 s¹³



欲开始操作

- ▶ 触摸“开始 / 停止操作”。

6. 执行第二次肺复张操作

6.3 评估操作的有效性

以下标准有助于您评估肺复张操作是否有效。

✓ 有效肺复张

当满足以下两个标准时，肺复张有效。

- 顶端压力的容量增加大于 2.0 ml/kg IBW⁶ (第 16 页)
- 氧饱和度在 5 分钟内高于 97%¹⁷

如果第二次肺复张操作有效，则执行递减 PEEP 滴定 (第 20 页)，以确定适用于第三次和最终肺复张操作的最佳 PEEP (第 21 页)。

✗ 无效肺复张

如果以上标准均不符合，则肺复张操作无效。考虑在您的肺复张策略中使用食管测压法 (第 22 页)。

7. 执行递减 PEEP 滴定

在第二次肺复张操作有效时 ✓ (第 19 页), 执行递减 PEEP 滴定, 以确定适用于最终肺复张努力的 PEEP。

在开始之前, 考虑降低“氧浓度”设置, 以使氧饱和度值达到 92%。¹⁶

当氧饱和度高于 92% 时, 会很难评估肺复张操作后氧合状态的改善情况。

欲执行递减 PEEP 滴定

- 1 每 3 分钟将 PEEP 减少 2 cmH₂O¹⁴。
- 2 监测氧饱和度, 以确定最佳的 PEEP 值:
一旦氧合状态随 PEEP 滴定降低 (氧饱和度降低 2%), 恢复到之前的 PEEP 值, 即最佳的 PEEP。

8. 执行第三次肺复张操作

8.1 指定肺复张操作的设置

在 P/V Tool 设置窗口中，指定以下设置，以执行第三次肺复张操作：

开始压力：最佳 PEEP
顶端压力：50 cmH₂O
PEEP 结束压力：最佳 PEEP
压力改变速度：5 cmH₂O/s
吸气暂停时间：10 s¹³

欲开始操作

- ▶ 触摸“开始 / 停止操作”。

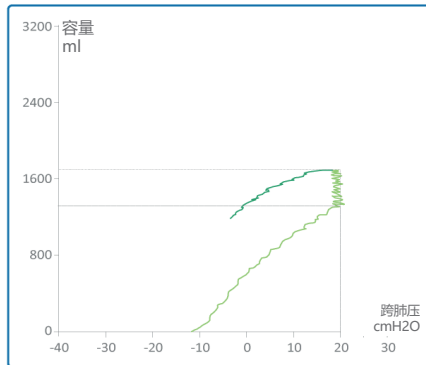


9. 食道压测量

当第二次肺复张操作无效时 **✗** (第 19 页), 考虑使用食道压力测量* 作为肺复张策略的一部分。在肺复张操作中实现的跨肺压可进行测量和滴定。

欲测量肺复张操作中实现的跨肺压

- 1 触摸 P/V Tool 图表面板, 然后选择“跨肺压 / 容量图表”选项。
- 2 执行肺复张操作, 特别注意下列设置:
 - 欲达到跨肺压的生理上限, 使用一个顶端压力值执行产生 20 cmH₂O 跨肺压的肺复张操作。¹⁵
 - 设置一个在呼气末产生 2-5 cmH₂O 跨肺压值的 PEEP 结束压力值。



* 在 HAMILTON-C3 呼吸机上不可用

10.参考文献

- 1 Oxford Textbook of Critical Care
- 2 Borges, João, et al. Am J Respir Crit Care Med 174.3 (2006):268-278.
- 3 Gattinoni, Luciano, et al. New England Journal of Medicine 354.17(2006): 1775-1786.
- 4 Maggiore, Salvatore, et al. Am J Respir Crit Care Med 164.5(2001): 795-801.网络。
- 5 Grasso, Salvatore, et al. Am J Respir Crit Care Med 171.9(2005): 1002-1008.
- 6 Demory, Didier, et al. Intensive Care Med 34.11 (2008):2019-2025.
- 7 Daniela Pasero M.D., Giorgio A. Iotti M.D., and Mirko Belliato M.D. White Paper: Respiratory system pressure-volume curve: Validation of a new, automatic, pressure ramp method of acquirement; 2004.
- 8 Chiumello, D., et al. Critical Care Medicine, 48(10) (2020): 1494-1502.
- 9 Borges, Joao B., et al.American journal of respiratory and critical care medicine 174.3 (2006): 268-278.
- 10 Gattinoni, L. Current opinion in critical care 21.1 (2015): 50-57.
- 11 Kacmarek, R., et al.Critical care medicine 44.1 (2016): 32-42.
- 12 Kacmarek, Robert M., et al. Critical care medicine 44.1 (2016): 32-42.
- 13 Arnal, Jean-Michel, et al.Intensive care medicine 37.10 (2011): 1588.
- 14 Chiumello, D., et al., Intensive care medicine 39.8 (2013): 1377-1385.
- 15 Kassir, E., Intensive care medicine 43.8 (2017): 1162-1163.
- 16 Jones J. G., Jones S. E. J Clin Monit Comput 2000; 16:337-50.
- 17 Tusman, G., et al (2014). Analgesia, 118(1), 137-144.



制造商:

Hamilton Medical AG

Via Crusch 8, 7402 Bonaduz, Switzerland

☎ +41 (0)58 610 10 20

info@hamilton-medical.com

www.hamilton-medical.com

10074007/01

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。有关全部专有商标和 Hamilton Medical 哈美顿医疗股份公司使用的第三方商标，请参阅 www.hamilton-medical.com/trademarks。
© 2022 Hamilton Medical 哈美顿医疗股份公司。版权所有。