



# P/V Tool<sup>®</sup> Pro

ユーザガイド

成人患者での肺評価とリクルートメント

**HAMILTON**  
**MEDICAL**

Intelligent Ventilation since 1983

このユーザガイドでは、成人患者でリクルータビリティを評価してリクルートメントを実行する方法について説明します。

ここに記載された情報の正確性には万全を期しておりますが、これは Hamilton Medical の公式の推奨事項ではなく、訓練を受けた医療専門家による見解、評価、指示に代わるものでもありません。

本書は医師の臨床判断または人工呼吸器の取扱説明書の代わりとなるものではありません。人工呼吸器を使用するときは常に取扱説明書を参照できるようにしてください。

P/V Tool Pro は、HAMILTON-C3/C6/G5 人工呼吸器のオプションとして提供されており、HAMILTON-S1 人工呼吸器には標準装備されています。

参考資料の一覧は、本書の末尾（23 ページ）にあります。



# 目次

1. 概要 .....	4
2. 使用条件.....	6
3. リクルートメントプロトコル: 基本と高度 .....	9
4. ステップ1.肺リクルータビリティの評価 .....	10
5. ステップ2a.リクルートメントの実行 .....	14
6. ステップ2b.2回目のリクルートメントの実行.....	18
7. デクリメントPEEPタイトレーションの実施.....	21
8. 食道内圧測定.....	22
9. 参考資料 .....	23

# 1. 概要

## 1.1 リクルートメント戦略と P/V Tool Pro

ARDS 患者に対するリクルートメント戦略では、無気肺損傷 (atelectrauma) を防ぐため、リクルートメント手技と呼気終末陽圧 (PEEP) を組み合わせます。リクルートメント手技は経肺圧を一時的に増加させる任意戦略であり、その結果含気量の少ない虚脱した肺胞が再開通します。PEEP は、再開通した肺領域を開いたまま維持することで、人工呼吸器誘発肺傷害を低下させる可能性があります。<sup>1</sup>

リクルートできる可能性のある肺の割合は、ARDS 患者の間で大幅に異なります。下側肺の虚脱して硬くなった肺胞領域をリクルートするためには 35 ~ 40 hPa 以上の気道開放圧を頻繁にかける必要があります。<sup>1</sup>

リクルートできる可能性のある肺の割合を知ることは、PEEP の治療効果を立証するために重要です。設定した PEEP レベルが低すぎると、PEEP の効果が低減する可能性があります。また、リクルートできる可能性のある肺の割合が低い患者で高い PEEP レベルを使用した場合、効果はほとんどなく、実際には有害となるケースもあります。<sup>2</sup>

### P/V Tool Pro

P/V Tool Pro は、ベッドサイドで肺リクルータビリティの評価とリクルートメント手技を実施できる方法です。<sup>3,4,5</sup>

# 1. 概要

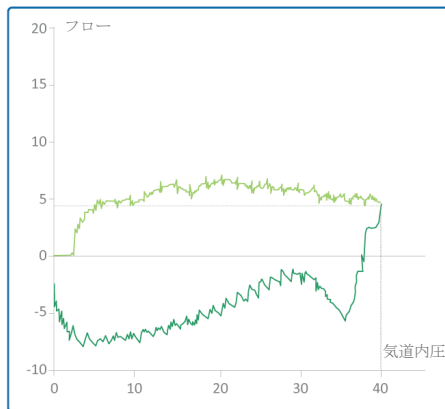
## 1.2 準静的な low flow プレッシャー/ボリュームカーブ

ベッドサイドでプレッシャー/ボリューム (P/V) ループを使用して肺メカニクスを判断する際は、10 L/min 以下のフローを使用すると、時間がかからず安全で信頼性も高いことが示されています。<sup>6</sup>

呼吸器系の抵抗要素による圧力の変化をなくすため、最低の立上り速度である 2 hPa/s を使用することを推奨します。

**P/V Tool Pro** でこのグラフにアクセスするには

- ▶ P/V Tool のグラフィックパネルにタッチして [Paw/Flow] オプションを選択します。



## 2. 使用条件

### 2.1 リクルートメントおよび P/V Tool Pro に関する重要な注意事項

- 自発呼吸努力を抑制するため、ほとんどの患者で深鎮静が必要となり、一部の患者ではさらに神経筋遮断薬を投与する必要があります。
- 評価と実際のリクルートメントのどちらのステップでも、患者の血行動態をモニタリングすることがきわめて重要となります。  
何らかの血行動態障害が認められた場合は、リクルートメントを直ちに中止してください。
- ETT カフに加圧された圧力が、P/V Tool で設定された最大圧より高いことを確認してください。
- 前回 P/V Tool によるリクルートメントを実行してから患者が少なくとも 5 回の呼吸を受けている必要があります。
- 使用する前に、続く 7～8 ページに記載されたリクルートメント手技の適応と禁忌を入念に確認してください。
- P/V Tool Pro は、一部の換気モードでは使用できません。詳細については、人工呼吸器の取扱説明書を参照してください。

## 2. 使用条件

### 2.2 リクルートメント手技の適応

- 中等度から重度の ARDS 患者の早期管理。
- オープンラングアプローチの一環として使用する場合。
- 手術、蘇生、その他のインターベンションの後に酸素化による障害が見られる場合。
- 患者が受動的で挿管されている。すなわち、自発呼吸していない。
- 呼吸回路の気密性が保たれている。  
人工呼吸器、呼吸回路、人工呼吸器装着患者を含むシステム全体にガスリークがないことを確認してください。
- ネブライザが作動していない。  
P/V Tool Pro は、ネブライザ機能の動作中、および動作後呼吸 5 回の間は使用できません。
- フローセンサは最適に動作していなければなりません。  
計測値はフローセンサの計測精度に左右されます。P/V Tool Pro は、「フローセンサ校正が必要」アラームの発生中は使用できません。

## 2. 使用条件

### 2.3 リクルートメント手技の禁忌

P/V Tool の使用は、以下のいずれかの条件が該当する場合は禁忌となります。

- 空気リーク
- 妊娠
- 肺気腫
- 血行動態不安定
- 頭蓋内圧亢進が確認された、またはその疑いがある
- 高い肺内圧に耐えられない患者（右心不全の患者など）



### 3. リクルートメントプロトコル：基本と高度

#### 基本プロトコル

基本プロトコルは2つのステップから成り、指定された順に行う必要があります。ステップを省略しないでください。

- ステップ 1. 肺リクルータビリティの評価
- ステップ 2a. 初回の肺リクルートメントの実行

#### 高度なプロトコル

基本プロトコルで効果がなかった場合は、高度なプロトコルに進みます。

- ステップ 2b. 2回目の肺リクルートメントの実行

## 4. ステップ 1. 肺リクルータビリティの評価

### 4.1 low flow P/V カーブの取得

P/V Tool 設定ウィンドウで次のように設定して、low flow P/V カーブを取得します。

スタート圧： 0 hPa

トップ圧： 40 hPa

End PEEP： 0 hPa

**注：** 計測後に PEEP の設定を変更するかどう  
かを確認する画面が表示されたら、[いい  
え] にタッチします。

立上り速度： 2 hPa/s

ホールド： 0 秒



計測を開始するには

- ▶ [計測の開始 / 停止] にタッチします。

## 4. 肺リクルータビリティの評価

### 4.2 リクルートメントの可能性の評価

以下の基準に従って、患者の肺リクルートメントの可能性を評価します。

#### ✓ リクルートメントの可能性が高い

次の2つの基準のうち少なくとも1つが満たされている場合、リクルートメントを実行するのは妥当です。

- 吸気カーブの形状を確認する  
吸気カーブの形状が上に凹である（12 ページ）。<sup>7</sup>
- 20 hPa 時のボリュームの差を評価する  
差が 500 mL より大きい必要がある（13 ページ）。<sup>8</sup>

#### ✗ リクルートメントの可能性が低い

どちらの基準も満たされていない場合、その患者の肺リクルートメントの可能性は低いと考えられます。

以下を検討してください。

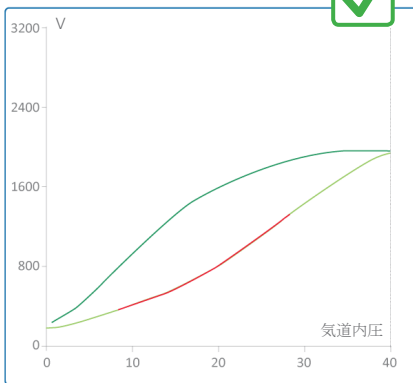
- PEEP を 10 hPa 未満に維持する
- 腹臥位
- 持続的低酸素血症 → ECMO を検討する

## 4. 肺リクルータビリティの評価

### 4.3 吸気カーブの波形は上に凹か？

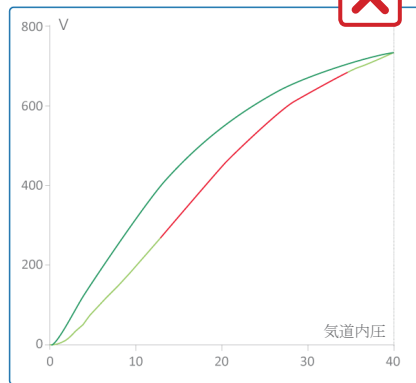
上に凹

リクルートメントの可能性が高い



上に凸

リクルートメントの可能性が低い

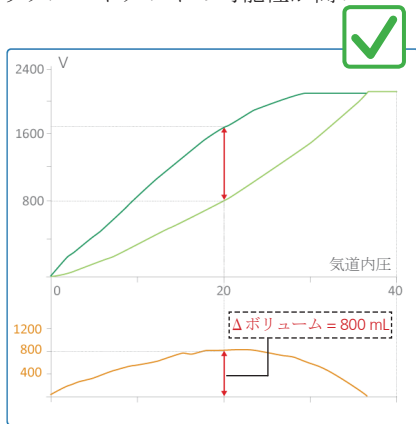


## 4. 肺リクルータビリティの評価

### 4.4 20 hPa 時のボリュームの差が 500 mL より大きいのか？

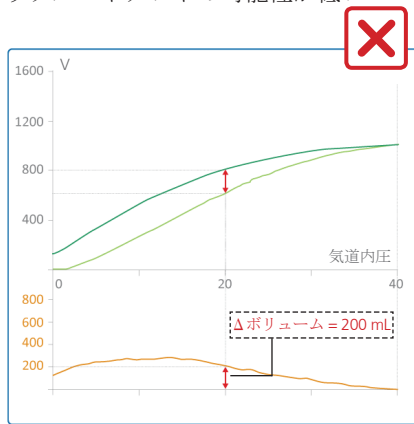
差が **500 mL** より大きい\*

リクルートメントの可能性が高い



差が **500 mL** より小さい\*

リクルートメントの可能性が低い



\* ボリュームの差を見るには、PV Tool のグラフィックパネルにタッチして [Paw/V + Paw/dV] グラフオプションを選択します。

## 5. ステップ 2a. リクルートメントの実行

### 5.1 開始する前に

- リクルートメントを実行する前に、[酸素濃度] (FiO<sub>2</sub>) の設定値を低くして SpO<sub>2</sub> 値を 92% に下げることを検討します。  
SpO<sub>2</sub> 飽和度が 92% を超えていると、リクルートメントの実行後に酸素化が改善したかどうかを判断するのが難しい場合があります。
- 肺リクルータビリティの基準 (11 ページ) の一方または両方が満たされている場合、リクルートメントを実行するのは妥当です。

## 5. リクルートメントの実行

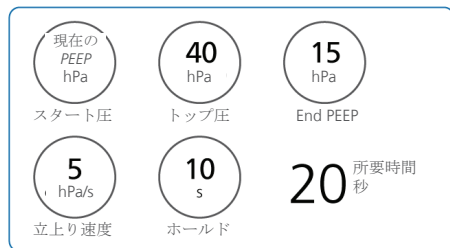
### 5.2 リクルートメントに関する設定の指定

P/V Tool 設定ウィンドウで次のように設定して、初回のリクルートメントを実行します。

スタート圧： 現在の PEEP  
トップ圧： 40 hPa<sup>9</sup>  
End PEEP： 15 hPa  
(現在の PEEP が 15 hPa より高い場合は現在の PEEP)<sup>10,11</sup>

**注：** 計測後に PEEP の設定を変更するかどうかを確認する画面が表示されたら、[はい] にタッチします。

立上り速度： 5 hPa/s  
ホールド： 10 秒



計測を開始するには

- ▶ [計測の開始 / 停止] にタッチします。

## 5. リクルートメントの実行

### 5.3 リクルートメントの効果の評価

以下の基準に従って、リクルートメントの効果があったかどうかを評価します。

#### ✓ 効果あり

次の基準が両方とも満たされている場合、リクルートメントは効果がありました。

- トップ圧時のボリュームの増加量が 200 mL より大きい、または 2.0 mL/kg IBW より大きい (17 ページ)
- SpO<sub>2</sub> が 5 分以内に 97% を超えた

#### ✗ 効果なし

上記の基準のいずれかが満たされなかった場合は、高度なプロトコルに進みます (18 ページ)。

**注：** 効果的なリクルートメントは呼吸器系コンプライアンスを増加させ、その結果一回換気量が増加するか、ドライビングプレッシャーが低下します。

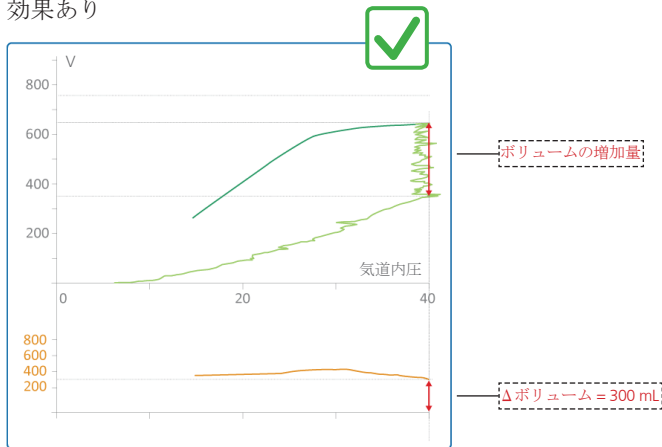


## 5. リクルートメントの実行

### 5.4 トップ圧時のボリュームの増加量は十分に大きいのか？

トップ圧時の増加量が **200 mL** または **2.0 ml/kg IBW** より大きい\*

効果あり



\* ボリュームの差を見るには、P/V Tool のグラフィックパネルにタッチして [Paw/V + Paw/dV] グラフオプションを選択します。

## 6. ステップ 2b.2 回目のリクルートメントの実行

### 6.1 開始する前に



高度なプロトコルは、（基本プロトコルを使用した）初回のリクルートメントが血行動態的に十分許容可能であった場合にのみ使用してください。

- リクルートメントの実行後、患者の呼吸器系ドライビングプレッシャー\*が 15 hPa を超えないようにします。
- 病的肥満や腹腔内高血圧など、患者が胸壁エラストランス増加の兆候を示している場合は、食道内圧測定をリクルートメント戦略の指針として使用することを検討します（22 ページ）。
- リクルートメントを実行する前に、[酸素濃度] (FiO<sub>2</sub>) の設定値を低くして SpO<sub>2</sub> 値を 92% に下げることが検討されます。

SpO<sub>2</sub> 飽和度が 92% を超えていると、リクルートメントの実行後に酸素化が改善したかどうかを判断するのが難しい場合があります。

\* ドライビングプレッシャー = プラトー圧 - 総 PEEP

## 6. 2 回目のリクルートメントの実行

### 6.2 リクルートメントに関する設定の指定

P/V Tool 設定ウィンドウで次のように設定して、2 回目のリクルートメントを実行します。

スタート圧： 現在の PEEP

トップ圧： 50 hPa<sup>9,12</sup>

End PEEP： 20 ~ 25 hPa<sup>12</sup>

**注：** 計測後に PEEP の設定を変更するかどうかを確認する画面が表示されたら、[はい] にタッチします。

立上り速度： 5 hPa/s<sup>13</sup>

ホールド： 10 秒



計測を開始するには

- ▶ [計測の開始 / 停止] にタッチします。

## 6. 2 回目のリクルートメントの実行

### 6.3 リクルートメントの効果の評価

以下の基準に従って、リクルートメントの効果があったかどうかを評価します。

#### ✓ 効果あり

次の基準が両方とも満たされている場合、リクルートメントは効果がありました。

- トップ圧時のボリュームの増加量が 200 mL より大きい、または 2.0 mL/kg IBW より大きい (17 ページ)
- SpO<sub>2</sub> が 5 分以内に 97% を超えた

2 回目のリクルートメントに効果があった場合は、デクリメント PEEP タイトレーションを行います (21 ページ)。

#### ✗ 効果なし

上記の基準のいずれかが満たされなかった場合、リクルートメントは効果がありませんでした。食道内圧測定をリクルートメント戦略に使用することを検討します (22 ページ)。

## 7. デクリメント PEEP タイトレーションの実施

2 回目のリクルートメントに効果があった ✓ 場合は (20 ページ)、デクリメント PEEP タイトレーションを実施して、最後のリクルートメントに使用する最適な PEEP を決定します。開始する前に、[酸素濃度] (FiO<sub>2</sub>) の設定値を低くして SpO<sub>2</sub> 値を 92% に下げること検討します。SpO<sub>2</sub> 飽和度が 92% を超えていると、リクルートメントの実行後に酸素化が改善したかどうかを判断するのが難しい場合があります。

デクリメント **PEEP** タイトレーションを行うには

- 1 PEEP を 3 分ごとに 2 hPa ずつ減らします。<sup>14</sup>
- 2 SpO<sub>2</sub> をモニタリングして最適な PEEP 値を決定します。PEEP タイトレーションによって酸素化が低下したら (SpO<sub>2</sub> が 2% 低下したら) 直ちに PEEP を前の値に戻します。この前の値が最適な PEEP です。
- 3 P/V Tool 設定ウィンドウで次のように設定します。

スタート圧: 最適な PEEP  
 トップ圧: 50 hPa  
 End PEEP: 最適な PEEP  
 立上り速度: 5 hPa/s  
 ホールド: 10 秒



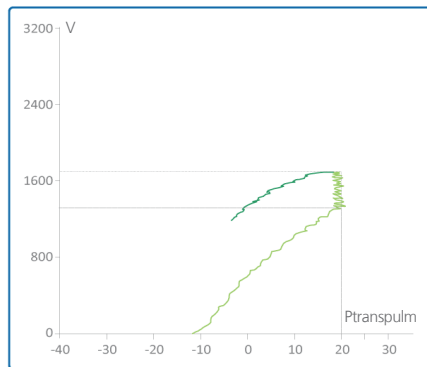
- 4 [計測の開始 / 停止] にタッチします。

## 8. 食道内圧測定\*

2 回目のリクルートメントに効果がなかった **×** 場合は (20 ページ)、リクルートメント戦略の一環として食道内圧測定を使用することを検討します。リクルートメント中に達成された経肺圧を測定し、タイトレーションすることができます。

リクルートメント中に達成された経肺圧を測定するには

- 1 P/V Tool のグラフィックパネルにタッチして [Ptranspulm/V] グラフオプションを選択します。
- 2 特に以下の設定に注意しながら、リクルートメントを実行します。
  - 経肺圧を生理学的上限まで高めるため、経肺圧の測定値が 20 hPa になるように [トップ圧] の値を設定します。<sup>15</sup>
  - 呼気終末に Ptranspulm の値が 2 hPa になるように [EndPEEP] の値を設定します。



\*HAMILTON-C3 では使用できません

## 9. 参考資料

- 1 Borges, João et al. *Am J Respir Crit Care Med* 174.3 (2006):268-278.
- 2 Gattinoni, Luciano et al. *New England Journal of Medicine* 354.17(2006): 1775-1786.
- 3 Maggiore, Salvatore et al. *Am J Respir Crit Care Med* 164.5(2001): 795-801. Web.
- 4 Grasso, Salvatore et al. *Am J Respir Crit Care Med* 171.9(2005): 1002-1008.
- 5 Demory, Didier et al. *Intensive Care Med* 34.11 (2008):2019-2025.
- 6 Daniela Pasero M.D., Giorgio A. Iotti M.D., and Mirko Belliato M.D.; ホワイトペーパー：Respiratory system pressure-volume curve: Validation of a new, automatic, pressure ramp method of acquirement; 2004.
- 7 Grasso, Salvatore, et al., *American journal of respiratory and critical care medicine* 171.9 (2005): 1002-1008.
- 8 Demory, Didier et al. *Intensive Care Med* 34.11 (2008):2019-2025.
- 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 Kassis, E., *Intensive care medicine* 43.8 (2017): 1162-1163.



# HAMILTON *H* MEDICAL

Intelligent Ventilation since 1983

製造業者：

Hamilton Medical AG

Via Crusch 8, 7402 Bonaduz, Switzerland

☎ +41 (0)58 610 10 20

info@hamilton-medical.com

**www.hamilton-medical.com**

10067117/00JA

仕様は予告なく変更される場合があります。一部の機能はオプションです。すべての機能がすべての市場で販売されているわけではありません。Hamilton Medical AG によって使用されているすべての自社商標 (®) および第三者商標 (®) については、[www.hamilton-medical.com/trademarks](http://www.hamilton-medical.com/trademarks) を参照してください。

© 2019 Hamilton Medical AG。複製転載禁止。