



GE HealthCare

上昇式ベローステクノロジーがもたらす利点

換気技術にはさまざまな種類があり、ピストンやタービンによる機械/電気駆動方式か、ベロースやボリュウムリフレクターを使用したガス駆動方式かによって分類されます。ガス駆動方式のカテゴリに分類される技術の1つに、上昇式ベロース (Ascending Bellow) 技術があります。これは患者と施設に多くの利点をもたらし、低流量麻酔 (≤ 1 L/分) を施行する場合にもいくつかの利点があります。¹



麻酔用人工呼吸器は、患者に吸入ガスと麻酔剤を供給するとともに、呼吸不全を伴う全身麻酔を受けている患者に機械的人工呼吸を提供し、生命維持を図る重要な医療機器です。さまざまなガス供給メカニズムがありますが、特に上昇式ベロースは、それ自体でも、また低流量麻酔と組み合わせた場合にも、多くの利点があります。

上昇式ベロース技術の個々の利点について説明する前に、まず上昇式ベロースと下降式ベロースの違いを見てみましょう。

上昇式ベロース vs 下降式ベロース

閉鎖循環式人工呼吸システムは、単一回路または二重回路でのデザインが可能です。単一回路では、ピストンを用いてガスを移動させますが、その駆動源として電気が必要です。単一回路型では、リークポートは常に大気に直接的に晒されています。したがって、回路内のフローとリークポートの抵抗に基づいて回路圧が生成されます。このため、リークは人工呼吸システムの機能に不可欠なものになります。

一方、二重回路では、呼気バルブは人工呼吸システム内にあります。このタイプのデザインは、一次回路または駆動回路 (ボトルチャンバーまたはボックス) と二次回路または患者回路 (バッグまたはベローズまたはメンブレンチャンバー) で構成されます。ボトルインベローズタイプの人工呼吸システムは二重回路を用いた人工呼吸システムの一つで、呼気時の動きに基づいてさらに、上昇式ベローズと下降式ベローズに分類できます。

上昇式ベローズは呼気時に上昇し、下降式ベローズは呼気時に下降します。¹現代の麻酔システムのほとんどは、上昇式ベローズを使用しておりこれは回路が外れた場合に患者の安全性が向上すると考えられているためです。下降式ベローズは安全上の危険があると考えられ、1970年代後半から1980年代前半にかけて衰退するようになりました。⁴

上昇式ベローズを備えた麻酔システムでは、回路の外れが発生するとベローズが呼気ガスで充填されず、ベローズは内部の圧力と重力の損失により潰れ、低圧アラームが鳴り、潰れたベローズが容易に視認できます。⁴

しかし、下降式ベローズの場合、回路が完全に外れると、重力により圧力とボリュームが失われ、ベローズが下降します。ベローズはガスで充填されたかのように見え、上下し続けるため、回路の外れやリークが認識されません⁴。さらに、下降式ベローズでは、回路外れによって低圧アラームをトリガーするほどの大きな圧力変化が発生しない場合があります⁴。

上昇式ベローズの利点

上昇式ベローズの回路デザインには、次のような多くの利点があります。

迅速なリーク検出

上昇式ベローズは、ベローズの上下の動きが可視化されているため、適切な換気が示され、リークを迅速に特定できます。リークを直ちに解決しないと、揮発性麻酔剤が投与された場合に低換気、酸素飽和度の低下、術中覚醒につながる可能性があるため、これは非常に重要です。

このリーク検出機能は、次のような場合に特に重要です。

- 体位変換
- ラリンジアルマス
- 胸部手術
- 気管チューブにカフが付いていない新生児および小児の人工呼吸

下降式ベローズは別のタイプの二重回路人工呼吸システムですが、同じリーク検出機能はありません。上昇式ベローズとは異なり、下降式ベローズはリークあってもベローズは潰れません。そのため、回路のリークをすぐに視覚化することはできません。

結果として、下降式ベローズは、上昇ベローズと同様な回路圧/換気不足を検出したりリークや回路の完全性を検出することは困難です。³

換気を目視で確認

上昇するベローズの上下の動きが目視で確認できるため、患者の状態に関係なく、機械的換気が行われていることが確認できます。換気が停止したかどうかを視覚的に確認できるため、周囲の医療チームは容易にその状況が把握でき、適切に問題を解決することで、患者の安全を確保することを可能にします。

換気を視覚的に確認できるこの機能は、麻酔科医が低流量 (FGF) を選択する場合に特に役立ち、患者、施設、環境に多くのメリットをもたらします。

可視化されたベローズにより、麻酔科医は患者の現在の状態に適した FGF が供給されているかどうかを呼吸ごとに確認できます。

消費電力の低減

上昇式ベローズの場合、駆動ガスとベローズの動きによって換気が促されるため、ベローズの膨張に電気を使用する必要がありません。これにより、電力消費の削減につながります。また、6つの異なる麻酔ワークステーションの電力消費を分析した調査結果によれば、動作中の電力消費は 58 W(ガス駆動方式^{*1}) から 136 W(電気駆動方式^{*2}) と大きく異なり、特にスタンバイ状態での電力消費では、動作中に必要な電力の 88%(52W^{*1})から 93%(120W^{*2})を占めていました。⁶

さらに、駆動用ガスとして空気を選択することにより、麻酔ワークステーション使用時の駆動用ガスのコストが最小限に抑えられます。

呼吸循環回路内でのガス希釈のリスクがない

他の換気技術では、ピストンが充填位置に戻る際に室内の空気が混入し、呼吸循環回路内で呼吸ガスが外気(OR室内)の空気で希釈される可能性があります。これは下降式ベローズやデカップリング回路でも起こり得ますが、上昇式ベローズでは問題になりません。

まとめ

上昇式ベローズは、呼吸ごとに換気を視覚的に確認しモニタリングできるため、理想的な換気技術です。上昇式ベローズには、リークを迅速に検出したり、電力消費を削減したりするなどの他の利点があるため、患者の安全性と経済的成果をサポートし、環境への影響を軽減し(電力をほとんど消費しない/温室効果ガス排出量の削減)、運用コストを削減する上で有利な選択肢となります。

^{*1} Carestation 750(ガス駆動方式) ^{*2} A社(電気駆動方式)

References

1. Baker, A.B. Low flow and closed circuits. *Anaesth Intensive Care* (1994) 22:341-2
2. Jain, R., & Swaminathan, S. (2013). Anaesthesia ventilators. *Indian Journal Of Anaesthesia*, 57(5), 525. doi: 10.4103/0019-5049.120150
3. GE HealthCare. (2006). Clinical Advantages of a Visible Standing Bellows During Low Flow Anesthesia. PDF file.
4. Otteni, J. C., Beydon, L., Cazalaà, J. B., Feiss, P., & Nivoche, Y. (1997). Ventilateurs d'anesthésie [Anesthesia ventilators]. *Annales francaises d'anesthesie et de reanimation*, 16(7), 895–907. [https://doi.org/10.1016/s0750-7658\(97\)89839-5](https://doi.org/10.1016/s0750-7658(97)89839-5)
5. “Anesthesia Machine Ventilators.” *Anesthesia Key*, 21 December 2016, <https://aneskey.com/anesthesia-machine-ventilators-2/>.
6. Drinhaus H, Drinhaus J, Schumacher C, Schramm MJ, Wetsch WA. Electricity consumption of anesthesia workstations and potential emission savings by avoiding standby. *Anaesthesiology*. 2024 Apr;73(4):244-250.doi: 10.1007/s00101-024-01388-3. Epub 2024 Feb 13.

2024 GE HealthCare – 無断複写・転載を禁じます。

GEは、General Electric Companyの商標であり、商標ライセンスに従って使用されています。GE HealthCareからの事前の書面による許可なしに、いかなる形式でも複製することは禁止されています。この記事で表明されている意見、見解、視点は著者のみのものであり、必ずしもGE HealthCareの意見、見解、視点を反映しているわけではありません。お客様の使用経験および文献に基づく記載です。仕様値として保証するものではありません。

