

はじめに

ハイフローセラピーは、日本においては2011年に使用開始され、今や大スター呼吸療法となりました。NPPV（noninvasive positive pressure ventilation：非侵襲的陽圧換気療法）はさかのぼること10年ほど前にスターとなりましたが、ハイフローセラピーの大躍進に押され気味です。COVID-19禍においても、多くの病院においてハイフローセラピーは多用される一方、NPPVは「蚊帳の外」だったのではないのでしょうか？

ハイフローセラピーは、酸素療法の延長線上にある一方、NPPVとの使い分け、侵襲的人工呼吸に至る前の使用、侵襲的人工呼吸後の呼吸補助といった具合に、呼吸療法ライバルとの関連性を理解しなければなりません。集中治療室で働く筆者は、ハイフローセラピーをさまざまな呼吸療法のハブであるように感じるときすらあります。本書の基本コンセプトとしました。

ハイフローセラピーの設定項目は、流量と酸素濃度の2項目にすぎません。しかし、ハイフローセラピーを使いこなすには、ライバルの意義やライバルとの違いを知る必要があります。ハイフローセラピーの解説だけでなく、ライバルの呼吸療法についてあらためて整理し、ハイフローセラピーのパワーの引き出し方、限界を学べることを目標にまとめました。

筆者既刊「こういうことだったのか!! NPPV」（2017年）から血液ガス解釈解説を一部引用しさらに加筆しました。筆者が行ってきた血液ガスの説明や経験症例を通じて血液ガス解釈を読者に伝えたいからであり、既刊読者はご容赦ください。

ハイフローセラピーは、集中治療室だけでなく一般病棟や慢性期病院などさまざまなシーンで使われます。在宅医療においても診療報酬の対象となりました。医師だけでなく多くのコメディカルがハイフローセラピーを、その限界も意識しながらうまく使いこなせる、本書がその一助となることを願います。

2022年7月

小尾口 邦彦

従来の酸素療法とスーパー酸素療法 ハイフローセラピーの違いを知る

よくある誤解

ヒトの1回換気量は500mL程度、呼吸数は20回/分以下。
 $500\text{mL} \times 20 \text{ 回/分} = 10,000\text{mL/分} = 10\text{L/分}$
よって酸素を10L/分投与すれば、患者は高濃度酸素を吸入する。

ハイフローセラピーだらけの急性期医療において30L/分などという数字をみても、今や若手医療者は「当たり前」の数字であり違和感を感じないかもしれません。ハイフローセラピーが今日のように隆盛を極めるまでは、例外を除いて15L/分が機械式空気-酸素ブレンダーの上限でした。2011年のハイフローセラピー登場後、上限流量60L/分の製品、さらに2016年に上限流量90L/分の製品が登場しました。

おそらく健康保険による酸素のコスト算定の上限がたとえ人工呼吸であっても10L/分であることも関係します。10L/分以上投与すると「病院の持ち出し」となります（現在、ハイフローセラピーのみ特別に使用量が認められる地域があります）。

酸素療法のお約束 30L/分

「酸素を10L/分で流しまーす!!」という患者にかなりの酸素を投与した気分になりがちです。10L/分を超すと音が結構大きいことも関係するかもしれません。

- ヒトは1秒で息を吸い2～3秒で吐く。1回に吸い込む量は500mL程度。
- ヒトの吸気スピード=500mL/秒=30,000mL/60秒=30L/分。



図 1 シンプルマスク
側孔に一方向弁はついていない。

表 1 シンプルマスクの吸入酸素濃度表

酸素流量 (L/分)	吸入酸素濃度 (%)
5～6	40
6～7	50
7～8	60

ベストエフォート値であり、実際には酸素流量 10L/分で吸入酸素濃度はせいぜい 40～50%である。

15L/分で酸素を投与しても、ヒトの吸気スピード 30L/分の半分にも達しません。足りない量はどこからきたのか？

当然、周囲の空気が吸い込まれます。よって、「わざと」シンプルマスクの側孔には一方向弁がついていません **図 1**。周囲の空気を多く吸い込むのでシンプルマスクによる高濃度酸素投与は難しいです **表 1**。

酸素流量 10～15L/分で吸入酸素濃度を高くするための工夫

リザーバー付マスクについて考えてみましょう。以後、15L/分 (= 15,000mL/分 = 250mL/秒) で酸素を投与、患者の吸気時間 1 秒として考えます。

先のシンプルマスクは呼気時間の酸素を周囲に捨てます（厳密にはシンプルマスク容積 180mL が微妙にリザーバーとして振る舞うのですが、オタクな話となるので、興味ある読者は拙著¹⁾を参考にしてください）。

呼気時間に投与された酸素をリザーバーバッグに貯留し無駄なく使うための仕組みがリザーバー付マスクです **図 2**。吸気時間（1 秒）に、患者は酸素 250mL と、リザーバーバッグに貯留した酸素（呼気時間 2 秒であれば 500mL）の両方を吸い込むことができます。250+500=750mL があるので 1 回換気量 500mL であれば余裕です。よって、吸入酸素濃度

ハイフローセラピーをハブとして呼吸療法を理解し運用する

ハイフローセラピーは、侵襲的人工呼吸・NPPV・酸素療法のいずれとも、それらの能力と安全性を比較し患者に最適なのはどちらかと考えながら使用しなければなりません。

よって、筆者は、ハイフローセラピーをハブとして、呼吸療法を理解し運用すればよいのではないかと考えています

図 12.

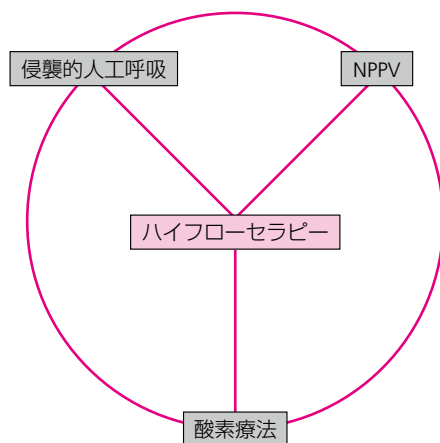


図 12 ハイフローセラピーは呼吸療法のハブ

【参考文献】

- 1) 小尾口邦彦. ということだったのか!! 酸素療法. 中外医学社; 2017.
- 2) 尾崎考平. 血液ガス・酸塩基平衡教室—呼吸尾崎塾 おもしろいほどスラスラわかって臨床につかえる!. メディカ出版; 2009.
- 3) 福山達也, 宮尾秀樹. 加湿. In: 沼田克雄, 監修, 大村昭人, 安本和正, 編集. 入門・呼吸療法 改訂第2版. 克誠堂出版; 2003. p.76-85.

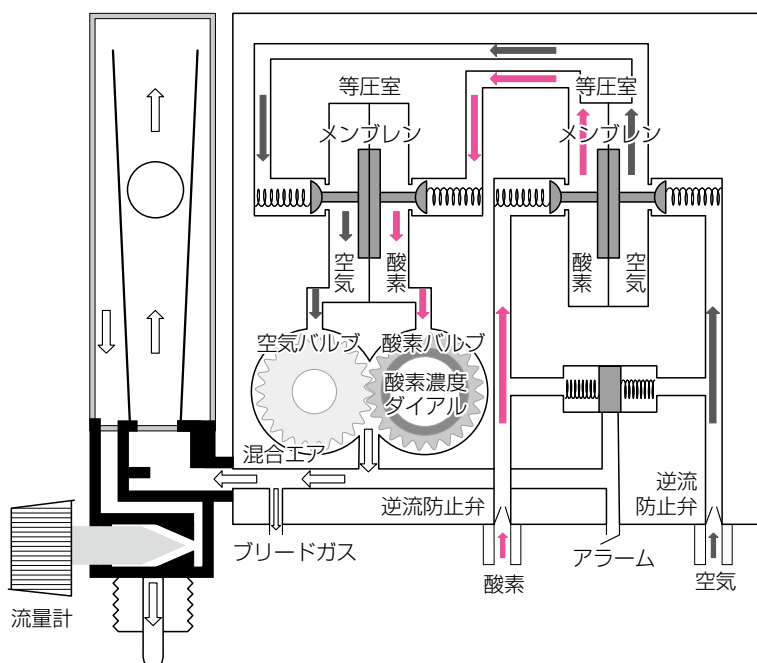


図5 機械式ブレンダーの構造

等圧室の中央はメンブレンで区切られる。

(文献2など各社の公開ブレンダー構造図を参考とし最大公約数的な構造とした)

酸素供給圧 or 空気供給圧低下を警告するための仕組み

機械式ブレンダーは、なんらかの原因で酸素または空気の供給が途絶えた状況を警告するための仕組みをもちます。

例えば空気配管を外したとします **図6**。1つ目の等圧室 **図6右** のメンブレンが極端にかたよるので酸素も流れなくなります。その代わりにレスキューのための弁 (alarm bypass valve) が作動し、酸素はレスキュー回路を通じて患者に届きます。またレスキュー回路にはまさに笛がしこんであり、けたたましく鳴ります。

よって、音を気にしないのであれば、酸素配管あるいは空気配管接続のみでも作動することは覚えておいてよいでしょう。酸素圧と空気圧が等しく下がるとアラームは鳴りません。

表 2 マスクによる換気困難の予測因子 MOANS

Mask seal	マスクの密着を妨げるもの：髭，顔面奇形，顔面外傷，顔面に密着させるための能力不足
Obesity, upper airway obstruction	肥満，妊娠後期，逆トレンデレンブルグ体位，気道閉塞，胸郭コンプライアンスが低下する状況，腹部膨満
Age	高齢：55 歳以上
No teeth	歯がない
Stiff lungs	喘息，COPD，肺水腫，ARDS

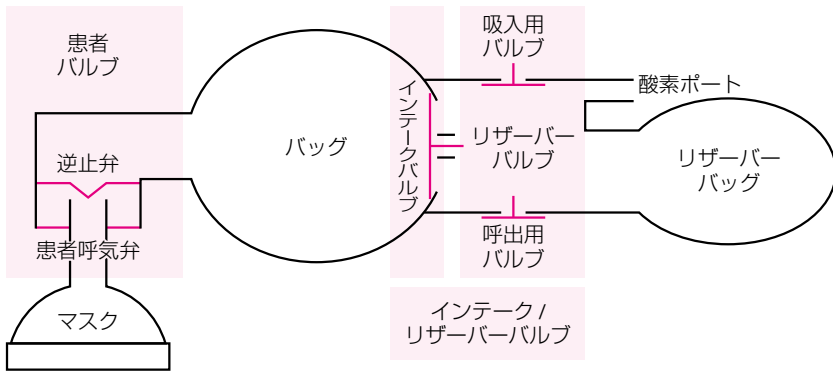


図 3 BVM の構造

バルブを多くもつ。投与された酸素が最初に通るリザーバーバルブ部分は呼出用バルブをもつため、酸素流量を多くしても呼出用バルブから外界に放出される。

BVM の問題点

「誰でも使える」ことを理由に用手換気デバイスとして BVM（バッグバルブマスク）が重視されます。

BVM は、「誰でも使える気分になる」「一切換気できていなくても延々と換気動作をできる」デバイスです。そして、BVM は複数のバルブを有する複雑な構造であるため、酸素流量を 10L/分以上に増やしてもその効果を得ることはできません（図 3）。バッグを押し込んでいるときも、余剰酸素は「BVM のお尻から」排気されます。フリーフロー酸素が流れない特性があると表現します（ややオタクな話なので興味ある読者は拙著¹³⁾を参考にしてください）。BVM 換気によって患者の胸郭は全く動いてい