

Eureka! The Essence of Oxygen Therapy

こういうことだったのか!!

酸素療法・ 酸素インフラ

小尾口邦彦 著

京都府立医科大学
麻酔科学教室・集中治療部

中外医学社



酸素療法を正しく理解するために 大切なこと

自発呼吸の吸気のスปีドは無茶苦茶速い!!

「酸素を 10L/分 流しまーす!!」というと患者にかなりの酸素を投与した気分になりがちです。大半の酸素流量計の最大流量が 10 または 15L/分であることも関係するかもしれません。10L/分を超すと結構音もするので酸素をたっぷり流した雰囲気になります。

ヒトは 1 秒で息を吸い 2~3 秒で吐きます。1 回に吸い込む量は 500mL 程度です。

ヒトの吸気スปีド = $500\text{mL}/\text{秒} = 30,000\text{mL}/60\text{秒} = \mathbf{30\text{L}/\text{分}}$ です。

たとえ 15L/分 で酸素を投与しても、吸い込むスปีドの半分にも達しません。

酸素療法の仕組みにおいて 30L/分 が常に意識されます。本書においても随所に出現します。30L/分 というハイスปีドを意識して、各種酸素デバイスが開発されました。酸素療法において 30L/分 はお約束の数字です。

社会保険制度も酸素流量に影響した

かつて、「酸素流量 5L/分 であれば結構流している、10L/分 であればたっぷり流している」という感覚をもたれた時代がありました。そのように意識された背景として社会保険制度も関係します。保険で請求できる 1 日の酸素量の上限は 14,400L (10L/分) でした。現在、急性期病院の大半に DPC (Diagnosis Procedure Combination, 診断群分類別包括評

開放型マスク 低流量システム

開放型マスクのポイント

- 鼻カニューラ、シンプルマスクを兼ねることができ、再呼吸がないため酸素流量も1～10Lと広いレンジで使用できる。
- 高濃度酸素の投与が可能と解説されるときがあるが、高流量酸素投与によってシンプルマスクと同等の能力をもつ。
- 患者の快適性、業務の効率化、医療安全につながる可能性がある。

10数年前、筆者知人看護師（ICU 所属）との会話

「酸素療法オタクのK口先生、このマスクって不思議ではないですか？ 穴だらけの構造なのに吸入酸素濃度は90%に達するんですよ。」

オキシマスクとの出会い 図1

重症患者を担当する医療者は、酸素療法に「より高濃度酸素投与が可能」を求める（期待する）癖があります。筆者自身にもその傾向があります。医療者のそういった雰囲気を感じてか、筆者もかつて「オキシマスクにおいて酸素濃度90%が可能です」というプロモーションを受けまし

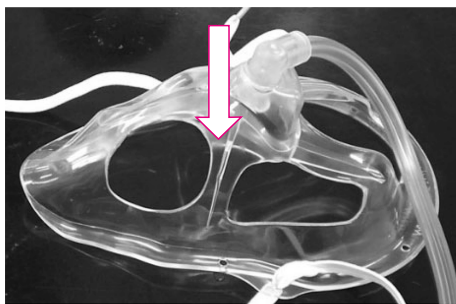


図1 オキシマスク（メドトロニック）

⇒ 酸素は顔面に直進するように投与される

た。オキシマスクのパンフレット¹⁾に、「オキシマスクは、酸素流量の調節だけで、低濃度から高濃度までの酸素投与が可能です」との記載があり、鼻カニューラ・シンプルマスク・リザーバー付きマスクのすべての吸入酸素濃度をオキシマスクがカバーする図が掲載されます。ただし、オキシマスクの吸入酸素濃度のカバー範囲を示すバーに酸素濃度 24~90%、酸素流量 1~40L/分と記載されています。それに対して、リザーバー付きマスクのバーの酸素流量は 10L/分です。40L/分の純酸素を流せばいかなるデバイスであっても、吸入酸素濃度 90%に達します。また、パンフレットに書かれる数値は、自発呼吸をシミュレーションしたマネキンの口元で計測した酸素濃度であり、実際と異なる可能性を指摘されています²⁾。

オープンフェースマスク 図 2

オープンフェースマスク（アトムメディカル）には2本の固定ベルトがあります（図 2a）。これによりマスクのずれが減少します。また、鼻尖部が当たる部分に工夫があります（図 2b）。しっかりフィットさせなければなりません。

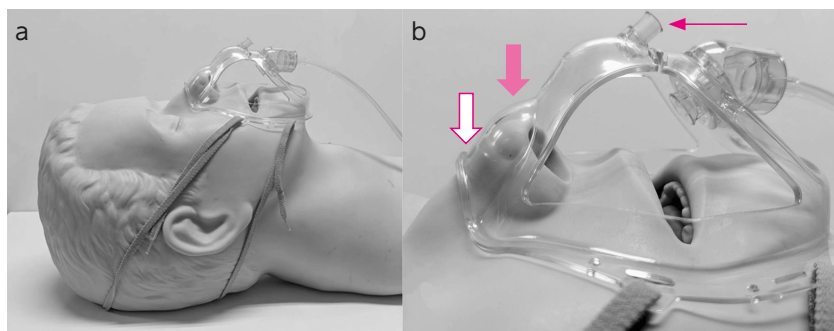


図 2 オープンフェースマスク（アトムメディカル）

a) 2本の固定ベルトがある

b) ➡: 鼻尖部形状にフィットするカーブをもつ。

⇨: 注意 通常のマスクの上縁は鼻根部にあるが、本製品においては鼻の中央付近に上縁が位置する。マスク下縁を顎にしっかりフィットさせる。

➡: カブノグラム（ETCO₂ モニター）の接続が可能。



HFNC (high flow nasal cannula) システム

HFNC 装置のポイント

- 機械式ブレンダー、人工呼吸器、HFNC 専用機、NPPV との兼用機など、さまざまな方式がある。
- 通常、人工呼吸器用加温加湿器を併用する。
- 空気配管を必要とする装置と必要としない装置がある。
- 機械式ブレンダーは使用しないとき配管からはずす。

筆者が研修医時代の教え

指導医「酸素カニューラの流量は通常 1～2L/分やで。上限はせいぜい 5L/分かな。それ以上あげると鼻腔が乾燥し、患者が痛みを訴えるで～。」

酸素カニューラと人工呼吸器用加温加湿器の組み合わせ

医療用酸素ガスの湿度はほぼ 0%（厳密には 2%）程度です。大半の病院において、壁配管から供給される 4 気圧空気は、自病院内でコンプレッサーを用い空気を圧縮し作成します（➡ p.205）。そして、圧縮空気の温度を下げ結露させ、湿度を下げます。酸素・空気配管（銅管）・医療機器を錆びつかせないためです。

先の指導医の教えのように、酸素カニューラの流量上限は 4～5L/分程度とするのが“常識”でした。鼻腔が乾燥すると患者は痛みを訴えます。実際、筆者が試したところ、10L/分程度の流量で鼻腔カニューラから酸素を流すと 10 分程度で強烈に痛くなりました。

酸素カニューラに、能力が高い人工呼吸器用加温加湿器を組み合わせる

担う一回換気量は 350mL 程度であるといえます。肺胞を換気する量として、肺胞換気量とよびます。

HFNC の効果

以下に、4 種の効果を示しますが、特に**解剖学的死腔の洗い流し**と **PEEP 様呼気圧**が重視されます。

① 吸気仕事量の軽減 **図 2**

鼻腔という狭小なスペースに HFNC による 30L/分以上のエアが流れ込みます。患者が本来自分で吸い込まなければならないエア自体がスピードをもつので、吸気仕事量が軽減します。

② 解剖学的死腔（鼻腔）の洗い流し **図 3** **図 4**

解剖学的死腔は 150mL、その約 50mL を鼻腔容量が占めます **図 1**。呼気タイミングにおいて患者の呼気と HFNC の送気がぶつかり、乱流となり、鼻腔から排出されます。鼻腔内がフレッシュなエアに置き換わります。よって、鼻腔容量 50mL が解剖学的死腔ではなくなり肺胞換気量が 350mL から 400mL に増加します。換気能力が 1.14 倍 ($400 \div 350$) となったことを意味します。重症患者において 14% の改善は大きいです。

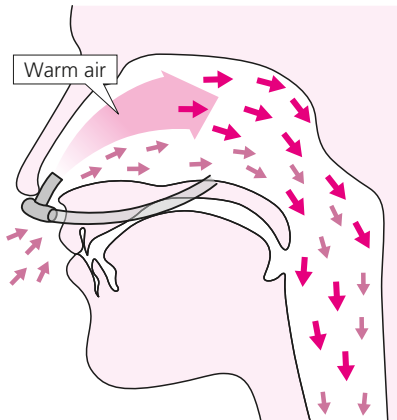


図 2 吸気仕事量軽減のイメージ
〔旧パシフィックメディコ（現アイ・エム・アイ）イラストを同社の許可を得て掲載〕

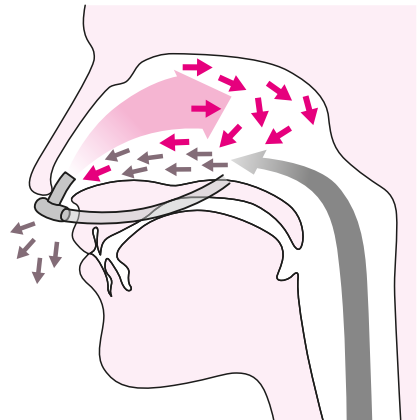


図 3 解剖学的死腔の洗い流しのイメージ
〔旧パシフィックメディコ（現アイ・エム・アイ）イラストを同社の許可を得て掲載〕



Preoxygenation, apneic oxygenation, 良好なマスク換気, そしてふりきり法

近年, 安全な気管挿管のために, preoxygenation と apneic oxygenation の意義が強調されます.

本章において preoxygenation と apneic oxygenation を解説した後,

- ふりきり法を用いた preoxygenation
- ふりきり法を用いた apneic oxygenation
- ふりきり法を用いたマスク換気

を紹介します.

エアウェイ管理苦節〇〇年の筆者がたどりついた「ふりきり法」を, ぜひ読者施設にも導入していただきたいです. 必ず役立ちます.

手術室の気管挿管の安全性は高まった 手術室外では…

手術室における気管挿管は, 麻酔科医により安全に行われます. 筆者知人のベテラン麻酔科医は「以前のような気管挿管困難は激減した. やはり, ビデオ喉頭鏡の存在が大きい」と, 口をそろえます.

ER や ICU などにおける気管挿管の安全性をいかに高めるかに, 焦点は移ったと筆者は考えます¹⁾. もちろん, ビデオ喉頭鏡により, ER や ICU においても気管挿管の安全性は相当高まりましたが, さらに改善の余地があるのではないのでしょうか. 近年, 気管挿管の初回成功 (first attempt success: FAS) が重視されます. 時間を要し, 何回も繰り返し, あるいは最低 SpO₂ が 80% を下回るような気管挿管は成功とはいえません.

医療用酸素供給システム

配管アウトレットから酸素・空気・吸引による陰圧などが供給されます。現代医療において欠かすことはできませんが、まさに「空気のような存在」であり、バックヤードの仕組みに関心が払われていません。どのように病院に供給されるいは病院内で作られベッドサイドで利用できるのか考えてみましょう。

酸素供給源 コールドエバポレーター

酸素供給源といえば酸素ポンベのイメージが強いです。病院のバックヤードに巨大ポンベがあり、そこから供給されると多くの医療者がイメージしているのではないのでしょうか。充填量 7,000L の巨大ポンベ（内部容量 47L、高さ約 140cm、重量約 50kg）であっても、患者 1 人に 10L/分使用すると、11 時間程度しか使えません。圧縮酸素（出荷時 150 気圧）を利用したポンベによる蓄えなど病院のニーズからしたら微々たるものです。

中規模病院以上の酸素使用量が多い施設においては、液化酸素（沸点 -183°C）を主要酸素供給源とします。液化酸素は気体に変化すると約 800 倍となります。通常、定置式超低温貯槽（コールドエバポレーター：CE、エバポレーターの意は蒸発器、**図 1**）とよばれる大型液化酸素タンクが



図 1 コールドエバポレーター