

# 安全に効果的な吸入療法を行うには

## 1. 吸入療法時の約束事項

- 人工呼吸器を使用する際は必ず加温加湿器を使用する。加温加湿器が使用できない環境下では人工鼻を使用する。
- 使用禁忌の組み合わせは行わない。（参照 下記11. 参照）
- 人工呼吸器使用時の加湿を目的としたネブライザーは行わない。（加湿不足時は加温加湿器設定変更を行う）
- 水蒸気はウイルス・バクテリアを運搬できないが、水滴やネブライザーの粒子では運搬してしまうので取り扱いに注意を払う。（肺胞レベルの感染のリスク）
- 感染（肺炎等）を起こさせないためにも結露水を発生させないようにする。または、結露水は患者に入らないように除去を行う。
- ネブライザーで使用する薬剤は、1回使用量を充填することを基本とする。回路内に残量がある場合は廃棄する。
- 調剤した薬剤を、何度かに分けて噴霧する場合は必ず冷暗所にて保管する。1回に調剤した薬剤の使用期限は基本24時間以内とする。
- ネブライザー施行後、必ず、分泌物の粘稠度評価を行う。水分の過剰投与（Over hydration）ではないことを確認する。
- 薬剤を吸入する、必ず、吸入方法を添付文章にて確認する。
- 呼吸回路は、患者口元の高さより低いこと。

## 2. 使用禁忌の組み合わせ

- 人工鼻+加温加湿器
- 人工鼻+ネブライザー
- 人工鼻+MD I

## 3. 加温加湿の優先順位

使用機器 使用機材	気道管理	優先度 1	加湿目的の ネブライザー	優先度 2	加湿目的の ネブライザー
人工呼吸器	気管挿管	① 加温加湿器	×（基本的）	② 人工鼻	×（禁忌）
人工呼吸器	気管切開	① 加温加湿器	×（基本的）	② 人工鼻	×（禁忌）
人工呼吸器	NPPV	① 加温加湿器	×（基本的）		
CPAP 装置	CPAP	① 加温加湿器	×		
NHF 装置		① 加温加湿器	×		
T ピース	気管挿管	① レスピフロー	○	② 人工鼻	×（禁忌）
トラキオ・T ピース	気管切開	① レスピフロー	○	② 人工鼻	×（禁忌）
マスク		① レスピフロー	○	② 人工鼻	×（禁忌）

#### 4. 定義

##### 4. 1. 吸入療法

呼吸器疾患の治療法の一つで、微粒子化した薬剤、蒸気、酸素などを気道より吸入させる方法をいう。呼吸困難の緩解、去痰効果に速効性が認められている。広義には酸素吸入療法、加湿療法、エアゾール吸入療法、IPPB（間欠的陽圧呼吸）療法が含まれるが、狭義の吸入療法は後半の二者を意味する。酸素吸入療法は、動脈血酸素濃度を高めるために高濃度の酸素を投与方法である。また加湿療法は、水をエアゾール（細かい粒子の水滴）として吸入させるものである。

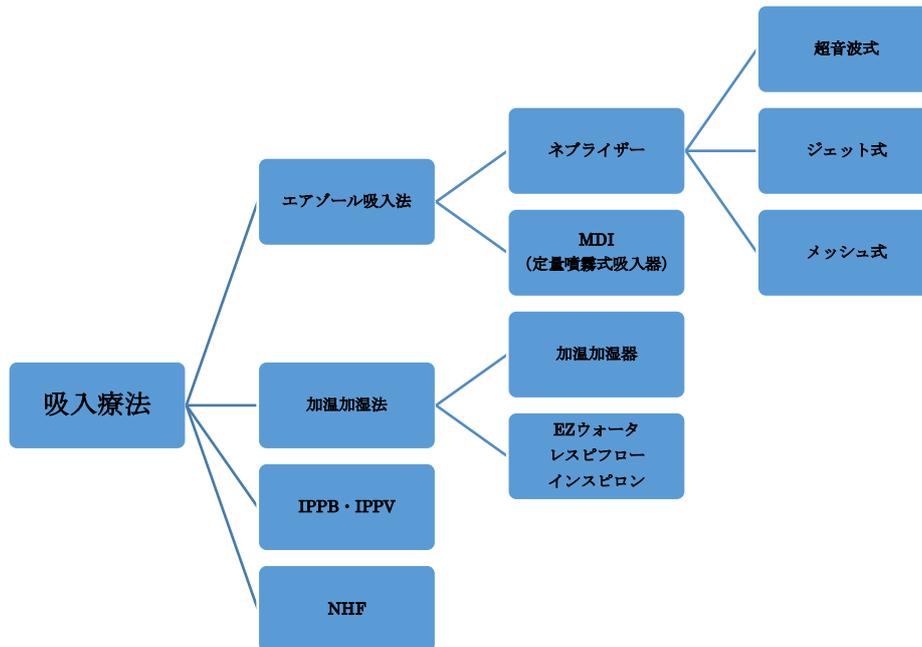


表1. 吸入療法の分類（亀田総合病院において）

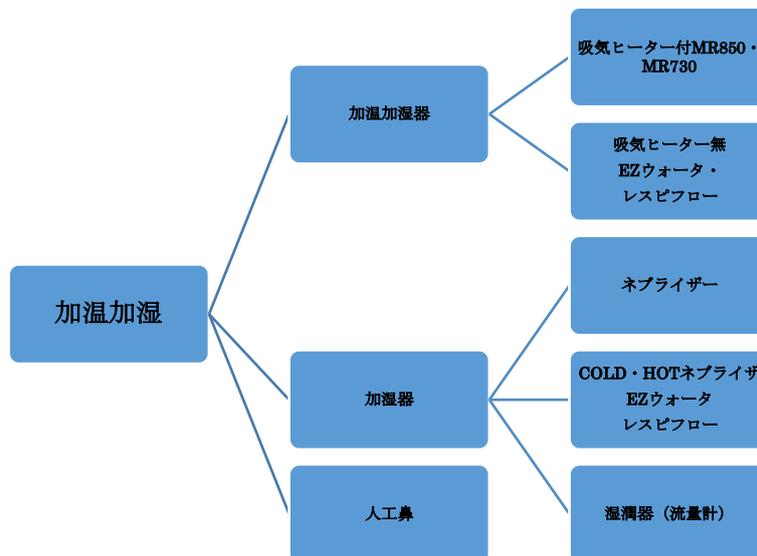


表2. 加湿加湿の分類（亀田総合病院における）

#### 4. 1. 1 加湿を必要としない吸入方法（湿潤器に水を入れる必要がない）

酸素流量 5LPM 以下・・・ATS（米国胸部疾患学会ガイドライン）、

酸素流量 4LPM 以下・・・AARC（米国呼吸療法協会ガイドライン）

経鼻カニューラ 酸素流量 3LPM 以下 ベンチュリーマスクは酸素流量に関係なく 40%までは加湿が必要ない室内湿度に注意・・・（酸素療法ガイドライン 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会）

酸素配管、酸素ポンベの GAS は湿度 0% です。当院においてもこれらのガイドラインを順守し行っている。しかし、患者が粘膜感想を訴える場合は、投与している酸素流量が患者換気量に比べて多かったり、室内の気温、湿度が低い場合などは吸入気の湿度が低く、粘膜刺激され不快や痛みを訴えることがある場合は加温加湿をした方が良いと考えられる。

#### 4. 1. 2. エアゾール吸入療法

液体中に溶解した薬品をエアゾールとして気管支に噴霧吸入させる方法で、ネブライザーnebulizer（噴霧器）にはジェットネブライザー、超音波ネブライザー、定量噴霧式吸入器、ドライパウダー吸入器等がある。通常、肺の末梢まで均等に薬剤を到達させるためには、径  $0.5\sim 3.0\mu\text{m}$  の粒子が最適とされている。携帯用ネブライザーでは粒子の大きさは  $3\sim 10\mu\text{m}$  程度であり、このために上気道にもっとも多く分布する。超音波ネブライザーの粒子になると  $1\sim 5\mu\text{m}$  で均等性であり、末梢気道までエアゾールを大量に送り込むのに効果的である。吸入療法によりエアゾールとして薬物を吸入した場合の利点は、全身投与（内服や注射）に比べて局所に高濃度の薬液を到達させることができる点であり、とりもなおさず速効性の面からみれば、吸入療法がもっとも優れているということになる。適応症としては軽度ないし中等度の喘息発作、鼻アレルギー、副鼻腔炎などがあげられる。

### 5. ジェットネブライザー

#### 5. 1. 目的

- 鼻咽頭・口腔など上気道の加湿や薬剤投与
- ネブライザーにより分泌物を軟らかくし喀痰の喀出を促す
- ネブライザー内の薬液（去痰剤や気管支拡張剤等）により喀痰の喀出を促す
- ネブライザーの薬剤により気道の炎症を抑える（インターールやエアロゾルなど）
- 抗生物質をネブライザーにて投与する

#### 5. 2. 特徴

ジェットネブライザー（コンプレッサーネブライザー）は、コンプレッサーで圧縮された空気（ジェット気流）で噴出する蒸留水や薬液を吸入するもの、ジェットネブライザー（コンプレッサーネブライザー）の粒子径は、 $5\sim 15\mu\text{m}$  で、超音波ネブライザーよりも大きい。ジェットネブライザー（コンプレッサーネブライザー）は、構造が簡単で持ち運びやすく、衛生管理も簡単なことがメリットである。薬剤を選ばず、ほとんどの薬液を霧化することが可能である。2種類の薬液を混合しても同様である。

## 6. レスピフロー・EZ ウォーター

### 6. 1. 目的

気道の加湿と薬剤投与を行う



写真 1. レスピフロー



写真 2. EZ ウォーター

### 6. 2. 特徴

レスピフロー・EZ ウォーターは、酸素を供給源と接続し、圧搾された酸素を蒸留水や薬液に吹きつけ、エアゾールを発生させ吸入させる

- 吸入気酸素濃度の設定が可能
- 加温したガス吸入することが可能
- 加温したガス吸入＋ネブライザーすることが可能
- COLD ネブライザーが可能

## 7. 超音波ネブライザー

### 7. 1. 目的

- 薬液を下気道の肺胞まで到達させるために行う（肺胞へは微細な粒子ではないと到達できないため超音波ネブライザーを使用する必要がある。）
- ネブライザーにより分泌物を軟らかくし喀痰の喀出を促す
- ネブライザー内の薬液（去痰剤や気管支拡張剤等）により喀痰の喀出を促す
- ネブライザーの薬剤により気道の炎症を抑える（インターールやエアロゾルなど）
- 抗生物質をネブライザーにて投与する

### 7. 2. 準備

- 作用水槽に入れる水は滅菌蒸留水が望ましい（CDC ガイドライン）
- 作用水槽に滅菌蒸留水をメモリの値まで入れる

※水が不足すると超音波が作用水槽から噴霧槽まで伝わらず噴霧されないため

- 指示された薬液を入れる（少なすぎるとすぐ終わってしまうため、薬液が少ない場合は蒸留水、生理食塩水で調節をする）
- 動作の確認をする

### 7. 3. 観察ポイント

- 肺音 肺副雑音の有無 呼吸苦の有無
- SP02 の測定チアノーゼの有無 痰の性状・量の観察
- 薬剤の効果の観察（訴えや痰の性状の変化）

食事の前後は避ける

※薬液により苦味があり食欲不振や嘔心、味覚変化があるため

### 7. 4. 注意点・留意点

- ネブライザーによりネブライザー施行中 SP02 が低下することがあるため、患者さんの状態によっては、その場を離れず、観察を行いながら施行する
- 過剰に行うと、肺泡レベルで過給水を引き起こすことがあるので注意が必要
- 薬剤によっては、薬効を失うものがあるので、必ず添付文章を確認して吸入を行う

①超音波により影響を受ける不安定な薬剤（噴霧後30分まで薬剤残存率90%を割る低下が認められる）

＜薬剤：抗生物質＞ 商品名（一般名）

結晶ペニシリンGカリウム（ベンジルペニシリンカリウム）

硫酸ポリミキシンB（硫酸ポリミキシンB）

＜薬剤：ステロイド剤＞ソルコーテフ（コハク酸ヒドロコルチゾンナトリウム）

リンデロン（リン酸ベタメタゾンナトリウム）

プレドニン（コハク酸プレドニゾンナトリウム）？

プレドニンは酸性・塩基性薬剤との配合により超音波の影響がみられる傾向にある

② 超音波の影響や配合変化が認められ、配合を避ける薬剤

アレベール（チロキサポール）＋ソルコーテフ

※抗生物質とステロイド剤との配合では配合による薬剤安定性の低下は特に認められない

※ビソルボン（塩酸ブロムヘキシン製剤）はPH2.4と低いため、配合時のPH変動と考えられる白濁を各種薬剤と認めやすい

③温度の影響を受けやすい薬剤配合

アレベール＋ソルコーテフ

＋プレドニン

＋ソルメドロール（コハク酸メチルプレドニゾンナトリウム）

ビソルボン＋ソルコーテフ

＋プレドニン

＋ソルメドロール

超音波ネブライザーを使用した場合、超音波により薬剤は時間経過とともに温度上昇します。現在市販の超音波ネブライザーを使用して生食を20分間継続噴霧したとき温度は約3～7℃上昇する

#### ④超音波の影響はみられず使いやすい薬剤

<アミノグリコシド系薬剤>

硫酸ゲンタマイシン（ゲンタシン）

硫酸アマカシン（ビクリン）

トブラマイシン（トブラシン）

硫酸カナマイシン（硫酸カナマイシン）

硫酸ジベカシン（パニマイシン）

硫酸シソマイシン（シセプチン）

#### ⑤超音波により悪臭が発生する薬剤

原因：安息香酸プロピルなどの添加剤が超音波により分解、原末および製品で超音波により硫化物を生成

硫酸アマカシン（ビクリン）

硫酸ジベカシン（パニマイシン）

ラクトビオン酸エリスロマイシン（エリスロシン）

塩酸リンコマイシン（リンコシン）

※リンコシン製品の超音波吸入は不適當

#### ⑥超音波により変色する薬剤

デカドロン（リン酸デキサメタゾンナトリウム）

※薬剤使用上は特に問題ないと考えられる

#### ⑦超音波噴霧で生食と比較して霧化量が少ない薬剤処方

ベクタシン+デカドロン…霧化せず

ベストロン+リンデロン…霧化せず

イセパシン+デカドロン+蒸留水…生食噴霧の約半分の霧化量

ファンギゾン+蒸留水…生食噴霧の約半分の霧化量

※希釈により霧化する

喘息患者では水の吸入が刺激となり気管支痙攣を起こす場合もあるので希釈は蒸留水より生食がよい。  
また希釈率が高い場合はせき込むことがあるので希釈水は等張作用のある生食がよい。

## 8. MDI（定量噴霧式吸入器）



写真 3. ベントチャンバー



写真 4. MDI アダプター

MDI は、人工呼吸器呼吸回路の吸気側に接続し、定量噴霧式吸入器（MDI）による気管支拡張剤等の薬剤を効果的に投与することのできるスペーサーです。一定量ずつ噴霧させる器具であり、粒径が $2 \sim 7 \mu\text{m}$ 、噴霧量は1パフ $0.05 \sim 0.08\text{ml}$ に調整されている。

### 8. 1. 特徴

- 薬剤はMDIを使用するので、簡単に気管支拡張剤等の投与が行える
- ネブライザー使用と比べ、薬剤の目的部位への到達量が増加する
- 感染症の予防となる
- コストが軽減される
- ベントチャンバーなどは使用しないときは縮めておくことができるので、機械的死腔量を最小限に抑えられる

## 9. 加温加湿

図1は健常人が大気中で自然呼吸をしている様子を示したものである<sup>1)</sup>。とくにここでは呼吸ガスの温度と湿度に注目している。図1のように吸入された空気は上部気道を通過していくうちに気道粘膜から加温加湿され、その結果、気管分岐部付近ではほぼ $37^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度（relative humidity ; RH）100%になる。

このように一般自発呼吸の場合は空気中に少し湿度があり、しかも自然気道を通して呼吸している。一方、気管挿管人工呼吸では、まず、人工呼吸器からのガス（酸素と圧縮空気の混合気）には水分がほとんど含まれていない。気管挿管しているのでこの乾燥ガスは気管の中まで直接入っていくことになる。乾燥ガスを呼吸すると、表1のような障害を引き起こす。そこで、このような障害を回避するためには、人工呼吸中であっても自然呼吸と同等に吸気を加温加湿することが必要になる。

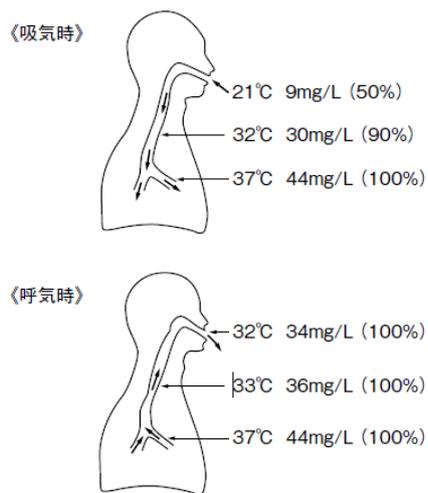


図1 呼吸ガスの温度と湿度

21°Cの大気を呼吸しているときの気道各部の温度、湿度分布の一例。( )内は相対湿度。(文献1より引用)

表1 乾燥ガスがそのまま気管に入っていくと起こりうる呼吸器系の障害

気道粘膜の乾燥
気道粘膜の線毛運動の低下・障害
気道粘膜の損傷、乾燥
痰の乾燥、固形化
気道・気管チューブの痰による閉塞
無気肺
肺炎

## 9. 1. 加温加湿器

人工呼吸中に吸入気の加温加湿を行う装置としては加熱型の加温加湿器と人工鼻がある。前者は active humidifier またはheated humidifier、後者はpassive humidifier と呼ばれる。加温加湿器は、ガスを水中に導き多数の気泡を発生させるタイプ (bubble diffusion 型) と、貯水槽の水面から水を蒸発させるタイプ (pass-over 型) とに大きく2つに分類される。かつては、bubble diffusion型のカスケード加湿器もよく使われていたが、現在はpass-over 型のフィッシャーパイクル社MR シリーズの加温加湿器が多く使われている。また、人工呼吸器非装着患者であっても、上気道、下気道の加湿が不十分で喀痰障害、喀痰硬化などを来している場合は上記と同様に加温加湿を行う必要がある。

## 9. 2. フィッシャーパイクル社MR 型シリーズ

このシリーズは、pass-over 型加温加湿器として動作する。いずれも使い捨てのMR-210、290 加温加湿チャンバーなどを取り付け、この中に滅菌水を入れて使用する。このチャンバーは底面から加温され、水表面から水が蒸発する。フィッシャーパイクル社では現在MR-850 を主力としているが、旧モデルである410、730 シリーズも使われている。MR410 では吸気回路の加温がなく、外気で冷却されるため、回路内に大量の結露を生じる。また水温を相当高くしないと十分な温度と絶対湿度が得られない。吸気温度を確認するためには、吸気回路末端に気道温度計を取り付けてモニターする必要がある。MR730、850 などホースヒーター付きのタイプは、吸気回路内に電熱線を入れることにより、吸気ガス冷却による回路内結露を防いでいる。しかし、図2のようにホースヒーター付きの加湿器では、その使用状況によっては、適温のガスが駆出されていても、相対湿度が低くなっており、水分が足りないこともある。すなわち、MR730 ではRH (相対湿度) 調節ダイヤルがあり、チャンバー出口と気道末端の温度差を制御している。RH を下げることはホースヒーターをより加熱して (別の言い方をすればチャンバー加熱を少し控えて) チャンバー出口温度よりも気道末端温度の方が高いことを意味する。使用においては、温度 (気道末端部) 35 ~ 37°Cとし、RH ダイヤルを0 ~+ 2程度に調節する。しかし、実際には制御が可能なのは温度

だけなので、このような状況になるとは限らず、相対湿度が相当に低下していることもある。相対湿度が低下していると気管チューブ、気管から水分を奪い喀痰硬化の原因になる。結局のところ、加湿状況の注意深い観察が必要である。すなわち、相対湿度が100%になっているためには、吸気温度モニターの数cm 下流の吸気回路終末部分にうっすらと結露していることが必要である。

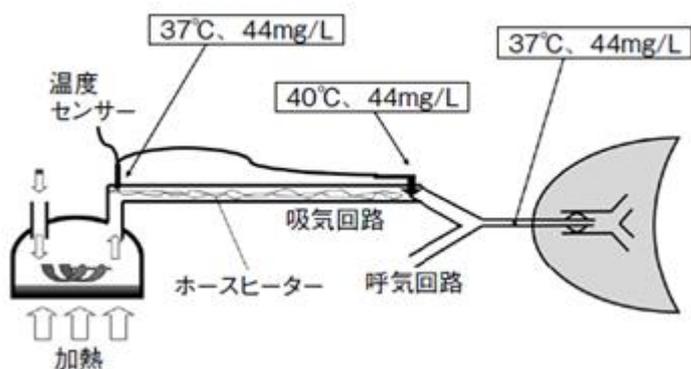


図 2

MR850 では温度設定などが自動化されており、通常使用では温度の設定などの作業は不要である。この機種では今までの設定の困難さなどが回避され、十分な湿度の吸気を供給するように設計されているが、やはり加温加湿状況の注意深い観察は必要である。これら加温加湿器で使用するMR-290 チャンバーは自動給水方式になっている。しかし、この自動給水方式は蒸留水点滴ビンとチャンバーとの静水圧差を利用するため、高いPEEP や気道内圧が高い場合は水が落下しにくくなることもある。また、接続チューブの途中に空気層があるとエアロックが起り、水が滴下しなくなる場合もある。そのためチャンバー内に水があるかどうか注意深い観察が必要である。なお、MR-210 チャンバーは自動給水方式ではなく、注水ポートから給水する。このとき、この注水ポートを使用しないで、呼吸回路を一時外してガスポート給水すると、換気は一時中断する。この換気中断を回避するため、外した回路を短絡しておくと、再接続時の異常過熱、気道熱傷の危険がある。そのため、給水ポートから給水し、ガスポートを使用しないように勧告が出されている。

### 9. 2. 1 加温加湿器設定

亀田総合病院において使用している加温加湿器のほとんどはMR850とMR730である。機種によって設定が異なるので下記を参照すること。(2014/12/10現在)

#### ○挿管時

MR850設定：侵襲 自動MODE (口元温度40°C、加温加湿器出口温度37°C)

MR730設定：口元温度39°C、加湿器出口温度37°C (RH:-2)

#### ○非挿管時

MR850設定：非侵襲 自動MODE (口元温度34°C、加温加湿器出口温度31°C)

MR730設定：口元温度34°C、加湿器出口温度31°C (RH:-3)

注意：Nasal High Flow(NFH)においては非挿管であるが挿管時と同じ設定を行う

## 10. 人工鼻 (heat and moisture exchanger ; HME)

人工鼻はY ピースと気管チューブの間に装着する。内部は繊維、紙、スポンジなどでできており、図3, 4のように呼気中の熱や水分を貯え、次の吸気時に放出するものである。機種によって加湿効率や気流抵抗、機械的死腔量、さらには、除菌フィルター機能の有無などの違いがある。除菌フィルター機能を持つものはとくにHMEF (人工鼻フィルター、HME フィルター) と呼ばれる。また加湿効率を上げるため繊維やスポンジに塩類 (カルシウム塩化物、リチウム塩化物、マグネシウム塩化物など) を添加したものなどもある。そして高性能な人工鼻は、十分な加湿能をもち、小型軽量で、抵抗や機械的死腔が小さいことである。しかしこれらは相反する特性であり、まだこのような理想的なものは出現していない。人工鼻での吸気絶対湿度は30mg/L 前後であり、加温加湿器のそれよりも一般には低い。そのため加湿が不十分である場合も生じる。加湿補助装置も開発されている。



写真 4.人工鼻 (O<sub>2</sub> ポート付き)

写真 4.人工鼻 (人工呼吸器用)

人工鼻は、24 または48 時間毎に交換するように推奨されている。しかしコスト削減から、より長期間の使用について検討されている。また、呼吸器回路に結露がないので、細菌汚染予防の点から有利と考えられ、細菌フィルター機能を持つ人工鼻 (HMEF) の場合は、気道・肺の感染を低減できたという報告が多い。しかし、CDC ガイドラインでは人工鼻フィルターと加温加湿器との比較において、感染予防の見地からの優位性は、現在のところ未解決としている。ただし結核などの空気感染の危険がある場合は、人工鼻フィルターの使用は感染予防上有利とされる。間欠的に薬物をネブライザーで投与する場合は、その時だけ人工鼻ははずす。さもないと薬剤が気道に到達しないばかりでなく、薬剤により人工鼻の目詰まりを起して抵抗の著しい上昇をまねく。人工鼻を使用しないほうがよい場合もある。すなわち、大量の痰が吹き出してくる症例や気道出血の症例である。また、喀痰が固くて吸引しにくい場合や、CPAP 施行中など人工鼻の気流抵抗や機械的死腔が問題となる症例も通常の加温加湿器を使用する。なお、小児で長期間人工鼻を使用しても加温加湿器と同程度であったとする報告もある。しかし、小児ではカフなしチューブを用いた場合や死腔負荷などから考えて必ずしも安全とはいえない。

### 10.1 人工鼻使用を避けるべき症例

1. 人工鼻の抵抗、死腔が無視できない場合
2. 気道分泌物が人工鼻まで到着する場合（泡沫痰を吹き出す肺水腫、気道出血）
3. 肺・気道から大量のガスリークがある場合（気管支胸膜瘻、カフなしチューブ使用例）
4. 人工鼻での加湿が不十分な場合
5. 人工鼻重量保持が困難な場合
6. 大換気量、低体温

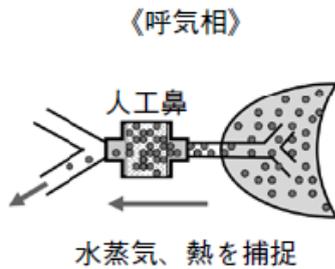


図3

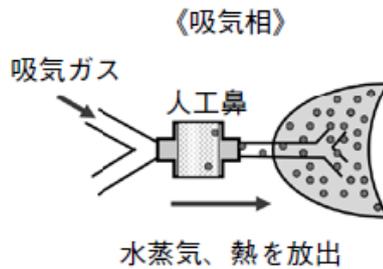


図4

### 11. 喀痰作用・気道の清浄化を目的とした加温加湿効率の優位機材

● 吸気ヒータ付加温加湿器 (MR850、MR730) > 吸気ヒータ無し加温加湿器 (EZウォータ・アクアパック・インスピロン) > 人工鼻 > ネブライザー

\*加湿不足な場合は、まず吸入気設定温度を上げること。吸入気温度を上げることにより含水量が多くなります。ネブライザーで生理食塩水、蒸留水などで加湿効果を期待するのは基本的に誤っています。水の過剰投与 (Over hydration) に繋がります。温度設定方法がわからない場合はME室へ相談する。

(内線2326 夜間6281)

### 12. ネブライザー機種選択と目的部位

表3

目的部位	機種
耳管	超音波ネブライザー
鼻腔	ジェットネブライザー
副鼻腔	超音波ネブライザー ジェットネブライザー
咽喉頭	ジェットネブライザー
下気道	超音波ネブライザー

### 13. 喀痰の粘稠度のスケール表

粘稠度低い (Watery)	吸引した喀痰は吸引カテーテルの内部表面に残らず、水のように吸引できる
粘稠度中程度 (Moderate)	吸引した喀痰は部分的に吸引カテーテルの内部表面へ付着する 洗浄水を吸引する事でカテーテル表面に付着した喀痰は容易に洗い流せる
粘稠度強い (Tenacious)	吸引した喀痰のほとんどが吸引カテーテル内部の表面に付着する 洗浄水を吸引しても容易に洗い流すことができない

Suzukawa M、et al. Respir Care. 1989;34(11) : 976-84

### 14. コンサルテーション

RSTメンバー：(Dr. 八重樫、CNS. 飯塚、PT. 鶴澤、長谷川、ME. 鈴木) へ相談してください

### 15. 引用・参考文献

ブリタニカ国際大百科事典 小項目事典

人工呼吸 第27巻 第1号 57～63頁 (2010年) 磨田 裕

あじさい vol. 11 No. 1 2002

呼吸ケア 2013 Vol. 11 山本 信章

Suzukawa M、et al. Respir Care. 1989;34(11) : 976-84

医療関連肺炎予防のためのCDCガイドライン 2003年版

AARC Clinical Practice Guideline (Bland Aerosol Administration) 古賀 俊彦訳

救急・集中治療 Vol. 26 no. 9・10 2014

COVIDIEN HPより