

人工呼吸管理における人工鼻導入に向けての検討

救急部・集中治療部

○坂口 真由
楠瀬 伴子

壬生 真貴

楠瀬 悦子

永野 由紀

キーワード：人工鼻、加温加湿、人工呼吸器管理

I. はじめに

人工呼吸中に用いられる医療用ガスは水分を含まない乾燥ガスである。そのため、人工呼吸管理においての吸入気の加温加湿は必須である¹⁾。当 ICU ではホースヒーター付加温加湿器を使用し、温度設定 37°C で加温加湿を行っている。ホースヒーター付加温加湿器（以下加温加湿器とする）はきめ細かい調節を行えば高性能を発揮するが、設定を誤れば乾燥ガスの供給による合併症を生じる危険性があると言われている²⁾。また、呼吸器回路内の結露は人工呼吸器の誤作動の原因となるだけでなく、気管内への流入による細菌感染も引き起こす重大な問題である。加温加湿器を使用することによる弊害を予防するために、加湿機能に加え細菌フィルター機能の優れた人工鼻が開発され、ここ数年、他施設における使用状況が学会などで報告されている^{3) 4) 5)}。

今回、人工鼻導入に向け人工鼻（ポール社製 BB100）と加温加湿器（F&P MR 730）の加湿性能、管理面、コストについて比較し、人工呼吸管理における安全で適切な加湿について検討したので報告する。

II. 研究方法

1. 対象

当院 ICU で人工呼吸管理を要した患者を対象（表 1）とし、人工鼻群、加温加湿器群で加湿性能、管理、コストについて比較検討を行った。

人工呼吸器の設定は調節呼吸、あるいは同期式調節呼吸（吸気流速 30L/min、1 回換気量 10ml/kg、呼吸回数 8~18 回/min、I/E 比=1:2）とした。

2. 方法

1) 加湿性能

温湿度測定装置を装着し、人工呼吸器装着後 30 分間は 5 分間隔、8 時間は 1 時間間隔で相対湿度・絶対湿度・吸気温・一回換気量・気道内圧を測定した。結果は平均±標準偏差で示し、Student の paired-t test を用いて p < 0.05 を有意とした。

2) 管理面

人工鼻と加温加湿器の利点と欠点をスタッフから聞き取り調査した。

3) コスト

人工呼吸器装着 2 日間と 4 日間のコストを納入価で算出した。

表 1 背景因子

	人工鼻群 (n=10)	ホースヒーター付加温加湿器 37°C 設定群 (n=11)
年齢 (歳)	70.9±4.5	67.9±7.4
体重 (kg)	58.4±5.9	57.4±6.1
性別 M/F	8 / 2	8 / 3
体温 (°C)	35.0±2.2	35.9±1.0
室温 (°C)	25.2±0.3	25.3±0.3

III. 倫理的配慮

American Association of Respiratory Care（以下 AARC とする）のガイドラインでは⁶⁾、人工鼻の使用禁忌を、1. 粘稠な喀痰、血性分泌物のある患者、2. 気管支瘻や気管内チューブのカフ漏れなどで、呼気時の一回換気量が吸気時の一回換気量の 70% 以下である場合、3. 体温 32°C 以下の患者、4. 自発呼吸下の分時換気量が 10 L/min 以上の患者、5. ネブライザー回路使用中、としており対象者はこの範囲外とした。さらに、ポール社製 BB100 を使用し、臨床上問題となるような抵抗や呼吸仕事量の増大、および加湿能の低下はないとの研究報告があり⁷⁾ 安全性は立証されている。したがって、今回の研究は対象者に侵襲や不利益を与えないものではない。また、人工鼻使用に関してはリスクマネジメントの観点から医師、看護婦共同で取り組む問

題であり、担当科医師及びICU医師の理解と協力を得、対象の選択、使用中の対処などは医師と相談して行った。対象者に対しては、抜管後会話が可能となった時点で研究の主旨を説明しデータ使用の承諾を得た。

IV. 結果

1. 加湿性能の比較 (表2)

背景因子に関しては両群に差はなく (表1)、体温、室温に関しての経時変化もみられなかった。

相対湿度は人工鼻群、加温加湿器群とも装着5分後から8時間後まで全過程において100%であった。

吸気温については全て加温加湿器群が有意に高かった (図1)。絶対湿度も全過程において加温加湿器群が高値であり有意差が認められた (図2)。1回換気量、気道内圧については、両群に差は認められなかった。

表2 加湿性能の比較 (5分後, 8時間後) (平均値±標準偏差)

	人工鼻群		ホースヒーター付加温加湿器群	
	5分後	8時間後	5分後	8時間後
相対湿度 (%)	100	100	100	100
絶対湿度 (mg/L)	30.7±1.4*	33.1±2.2*	39.3±2.2*	38.8±2.4*
吸気温 (°C)	30.1±1.3*	31.3±1.0*	34.7±1.2*	34.6±1.4*
1回換気量 (ml)	513±50	516±135	539±66	544±147
気道内圧 (mmHg)	20.3±7.1	20.9±7.7	24.1±6.8	21.3±3.1

有意差あり * p<0.05

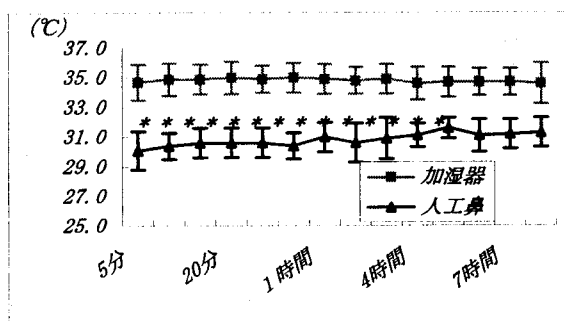


図1 吸気温の変化

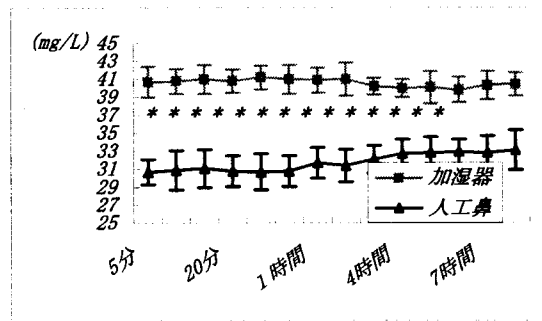


図2 絶対湿度の変化

2. 管理面の比較 (表3)

スタッフからの意見をもとに管理面から人工鼻と加温加湿器の利点と欠点を比較した。

表3 管理面での比較

	人工鼻	ホースヒーター付加温加湿器
利点	<ul style="list-style-type: none"> 滅菌蒸留水の交換や加温加湿器のメンテナンスが不要 呼吸器回路のセッティングが簡便 結露が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 加湿効果が高い とりあえず使用適応の判断が不要
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 禁忌の患者など、使用適応の判断が必要 ネブライザーとの併用ができない 	<ul style="list-style-type: none"> 頻回な結露の除去が必要 結露の患者気道への誤流入 回路内の結露により人工呼吸器の誤作動 回路内の汚染された結露による感染 過剰な加温による気道熱傷を起こす危険性

表4 コスト面での比較

	人工鼻	ホースヒーター付加温加湿器
呼吸器装着 2日間	ポール社製 BB100 1患者1日当り1個使用 1.050 (納入価) × 1 = 1.050 計. 1.050 円	F&P MR 730 モジュール 1患者1週間に1個使用 1.600 × 1 = 1.600 大塚注射用水 (500ml) 1患者1日当り1本使用 146 (納入価) × 1 = 146 計. 1.746 円
呼吸器装着 4日間	ポール社製 BB100 1患者1日当り1個使用 1.050 (納入価) × 3 = 3.150 計. 3.150 円	F&P MR 730 モジュール 1患者1週間に1個使用 1.600 × 1 = 1.600 大塚注射用水 (500ml) 1患者1日当り1本使用 146 (納入価) × 3 = 438 計. 2.038 円

V. 考察

通常、ヒトの気管下部の生理的な湿度は35°Cで相対湿度95~100%と言われ、これは38~40mg/Lの絶対湿度に相当する。Graffらは、生理的湿度の70%を最低許容

湿度と考え、 30mg/L 以上の絶対湿度が気道上部で得られるべきであるとした⁸⁾。AARCは人工呼吸中の適正湿度に関して、温度の規制を入れ $33\pm 2^\circ\text{C}$ 、 30mg/L を推奨している⁶⁾。宮尾らは吸気ガスの基準として相対湿度100%が重要と論じている⁹⁾。

ホースヒーター付加温加湿器は、呼吸器回路内の結露をなくすことにより絶対湿度の低下を防ぐ効果があるが、吸気を熱し過ぎれば相対湿度が低下する。相対湿度の低下は気管内チューブ内の分泌物から水分を奪い気道閉塞の原因となる¹⁰⁾。今回測定した結果をみると、相対湿度は加温加湿器群、人工鼻群どちらも全過程で100%を保っていた。相対湿度が100%のガスは水分を取る能力がないということであり、当ICUでの加温加湿器は、当初我々が考えていたような乾燥ガス供給の危険性はなかった。

吸気温、絶対湿度は全過程で加温加湿器群が高値であり有意差が認められた。しかし、加温加湿器が能動的に水分補給や加温を行うのに対し、人工鼻は患者呼気ガスの熱と湿度を補足してそれを吸気に戻すことを受動的に行っており、吸気温に格差が表れることは当然予測される。相対湿度に関しては、加温加湿器群、人工鼻群どちらも100%という結果がでており、ともに相対湿度100%のガスで、温度が低値であれば絶対湿度も低くなることは言うまでもない。重要なのは、人工鼻装着5分後より吸気温 $30.1\pm 1.3^\circ\text{C}$ 、絶対湿度 $30.7\pm 1.4\text{mg/L}$ で、その後、徐々に比較的高値に推移しながら 30mg/L 以上の絶対湿度を維持していることであり、これは、Graf、AARC、宮尾ら全ての基準を用いても十分満足でき、適性加湿レベルを得られたものと考えられる。また、一回換気量、気道内圧には有意差はみられず、人工鼻による臨床上的問題となるような抵抗の増大がなかった結果と推測される。

管理面については、スタッフから人工鼻と加温加湿器を使用した感想を聞き、それぞれの利点と欠点を比較した。加温加湿器では、呼吸回路内に結露が貯留しやすいため頻回の水抜きが必要となり、スタッフの負担となっていた。また、結露による気道内圧の上昇や、吸気が患者に同調しなくなるなど人工呼吸器誤作動の原因ともなり、患者に悪影響を及ぼす場合もある。さらには、結露がチューブを通して気道に流入したり、回路を患者から外す時、人工呼吸器によっては高流量を患者回路へ流すため、回路内の汚染された結露が水滴やエアロゾルとなり患者や医療者に飛び散り院内感染の危険性も生じる。一方、人工鼻では結露はLピースにつく程度であり、結露による問題が大きく改善された。回路セッティングでも、当ICUで使用する人工呼吸器はベネット7200ae、ベネット760および840、エビタ2が主体であるが、人工鼻を用いることでいずれも呼気と吸気各1本の回路ですみ、回路の煩雑さがなくなることで回路リークやセッティングの誤りなど呼吸管理に関わる医療ミスの可能性も減少する。また、簡便化により回路セッティングの時間も短縮される。もちろん、滅菌蒸留水の交換や加温加湿器の点検、メンテナンスも不要であり、回路管理に関わる手間が減る。人工鼻を導入することにより、看護婦の精神的負担や時間的負担が軽減され、余裕をもって他の看護処置にあたれるという点は大きなメリットと言える。

コスト面については、当ICUの特徴を考慮し検討する必要がある。当ICUは、術後患者が全体の約85%という外科的ICUとしての性格が強く、平均人工呼吸器装着期間は約4日間であった。なかでも人工呼吸器装着から2日以内に抜管するケースが63%を占めており、そのため人工呼吸器装着期間を4日間と2日間としてコスト算出を試みた。人工鼻を使用すると、4日間では1112円割高であった。しかし、人工呼吸器装着期間2日間では696円、約60%のコスト削減がはかれる。

Orlandoはフィルター付人工鼻の効果として、ICUにおける院内肺炎発生率が低下し、在室日数が短縮され、人工呼吸中の肺炎の治療コストが減少すると述べており¹¹⁾、今後、当ICUでも人工鼻のフィルトレーション効果を明らかにすると共に、患者の在室日数を含めたコストを計算することも、人工鼻のメリットを考えるうえで価値あることだと思われる。

人工鼻は気道の加湿という面では加温加湿器に及ばないの言うまでもない。しかし、今回の結果から適正な吸気湿度を得られることが確認できた。人工鼻導入の利点として、回路管理の簡略化や感染予防などに有益であることが示唆された。また、直接的に患者に影響する呼吸器関連肺炎の予防や呼吸器の誤作動を防ぐというリスク回避の点だけでなく、マンパワーやコストなど限られた医療資源を効率よく使い、余裕のある医療を提供することにも貢献すると考えられた。AARCは、使用期間と使用方法により加湿のアウトプットは変化するとしており⁶⁾、それを受けてRichardは「正常の呼吸機能を持っている挿管された患者の2時間の手術ではおそらく加湿アウトプットとして $15\sim 20\text{mgH}_2\text{O/L}$ 必要とされる。正常な人工呼吸器管理下の患者では分泌

物の乾燥を防ぎ、粘液繊毛機能を維持するためには、最低でも $26\text{mgH}_2\text{O/L}$ 必要とされる。分泌物の増加した患者では人工鼻だけでは充分に加湿を供給できないので、他の加温加湿が必要になる。濃い粘稠な大量の痰のある患者では、加温加湿器を用いるべきである。」と述べている¹²⁾。今後は、患者の病態や痰の質を評価しながら積極的に人工鼻を使用し、ICUでの人工鼻使用に関する安全性と妥当性の検証を重ねながら、適切な加湿について考えていく必要があると思われる。

VI. 結論

人工鼻は加温加湿性能は加温加湿器に比べ低いのが、適正な吸気湿度は得られるうえに、使用期間が2日以内であれば経済性で加温加湿器に勝る。回路管理の簡略化や感染予防、リスク回避などの利点がある。

引用・参考文献

- 1) 上農喜郎：吸湿とネブライザー，臨床看護，24 (6)，901-906，1998.
- 2) 大塚将秀，磨田裕：人工呼吸療法，秀潤社，90-95，1996.
- 3) 森永俊彦：人工鼻フィルタの加温加湿性能，人工呼吸関連肺炎の発症，呼吸仕事量に与える影響，第27回日本集中治療医学会総会，180，2000.
- 4) 中村祐子：ICUにおける人工鼻フィルタの使用検討，第27回日本集中治療医学会総会，180，2000.
- 5) 佐伯仁：ICUでの人工呼吸管理における人工鼻の有用性の検討，第27回日本集中治療医学会総会，179，2000.
- 6) AARC: Clinical Practice Guideline - Humidification during Mechanical Ventilation, Respir Care, 37, 887 - 890, 1992.
- 7) 磨田裕：人工鼻フィルタ BB100AF の抵抗変化および呼吸仕事量への影響—モデル肺での検討，第27回日本集中治療医学会総会，180，2000.
- 8) Graff TD, Benson DW : Systemic and pulmonary changes with inhaled humid atmospheres : Clinical application Anesthesiology, 30, 199-207, 1969.
- 9) 宮尾秀樹：人工呼吸中の気道の加湿，第27回日本集中治療医学会総会，55-57，2000.
- 10) 宮尾秀樹，官川響，宮坂勝之：熱線入り加温加湿器の使い方，人工呼吸，10 (1)，37-43，1993.
- 11) 磨田裕：外傷集中治療室における人工呼吸中の院内肺炎 (VAP)、人工鼻フィルターと熱線入り加湿器の比較：病因と予防，パイオニアプランニング，11-12，1999.
- 12) Richard D Branson BA, RRT : 人工気道患者の加湿，第11回呼吸療法セミナー，141-147，1999.