

# COVID-19感染患者を治療する医療従事者向けの加温加湿について

---

F&P Evaqua™ 2回路での加温加湿によりクローズドシステムを実現します。クローズドシステムでは、病原体を含む微粒子が医療環境においてエアロゾル化するリスクを削減し、医療従事者へのリスクを軽減します。

## 要約

- 呼吸補助を必要とするすべてのCOVID-19感染患者はウイルス量が多いため、医療従事者への感染リスクが高まります。これは、特にエアロゾルまたは液滴が発生する手技や治療法で懸念されています。侵襲的換気を受けるCOVID-19感染患者の人工呼吸器回路を大気開放することで、病原体を含む微粒子が医療環境にエアロゾル化するリスクが高まり、医療従事者にリスクをもたらします。そのため、適切な感染制御管理を行う必要があります。加温加湿器を使用すると、人工鼻（HME）によるパッシブ加湿と比較して必要な回路遮断の数が減り、エアロゾルのリスクが軽減されます。
- 加温加湿された水蒸気はクローズドシステムで生成されます。エアロゾル化した液滴は発生しません。水蒸気では、COVID-19などのウイルスまたは細菌微粒子を運搬できません。
- 結露が大幅に軽減するよう設計された人工呼吸器回路（F&P Evaqua 2回路など）では、従来のヒーター回路と比較して回路遮断の回数が減ります。また、COVID-19における環境への感染と医療従事者への感染リスクが軽減されます。
- （COVID-19感染患者の抜管後）非侵襲的換気法（NIV）とネーザルハイフロー（NHF）両用の人工呼吸器用回路では、機器要件が簡素化され、複数の回路取り扱いによる感染リスクを軽減します。また、貴重な消耗品の消費を節約します。
- 人工呼吸器を使用するCOVID-19感染患者は、解剖学的死腔量を最小にするなど、肺保護換気戦略が必要となります。加温加湿により肺保護換気が改善できるという臨床報告があるため、HMEより加温加湿の方が推奨されています。
  - PaCO<sub>2</sub>の低下
  - プラトー圧の低下
  - 一回換気量の低下
  - 肺胞の換気量の上昇
- 重症となったCOVID-19感染患者は、重度呼吸器疾患を患っているため分泌物への管理を補助し、効率的な換気とガス交換を促進し、最適な粘膜線毛運動機能を保持するため、高湿度を必要とします。

## 加温加湿は、水蒸気の発生により医療従事者の感染リスクを軽減します。

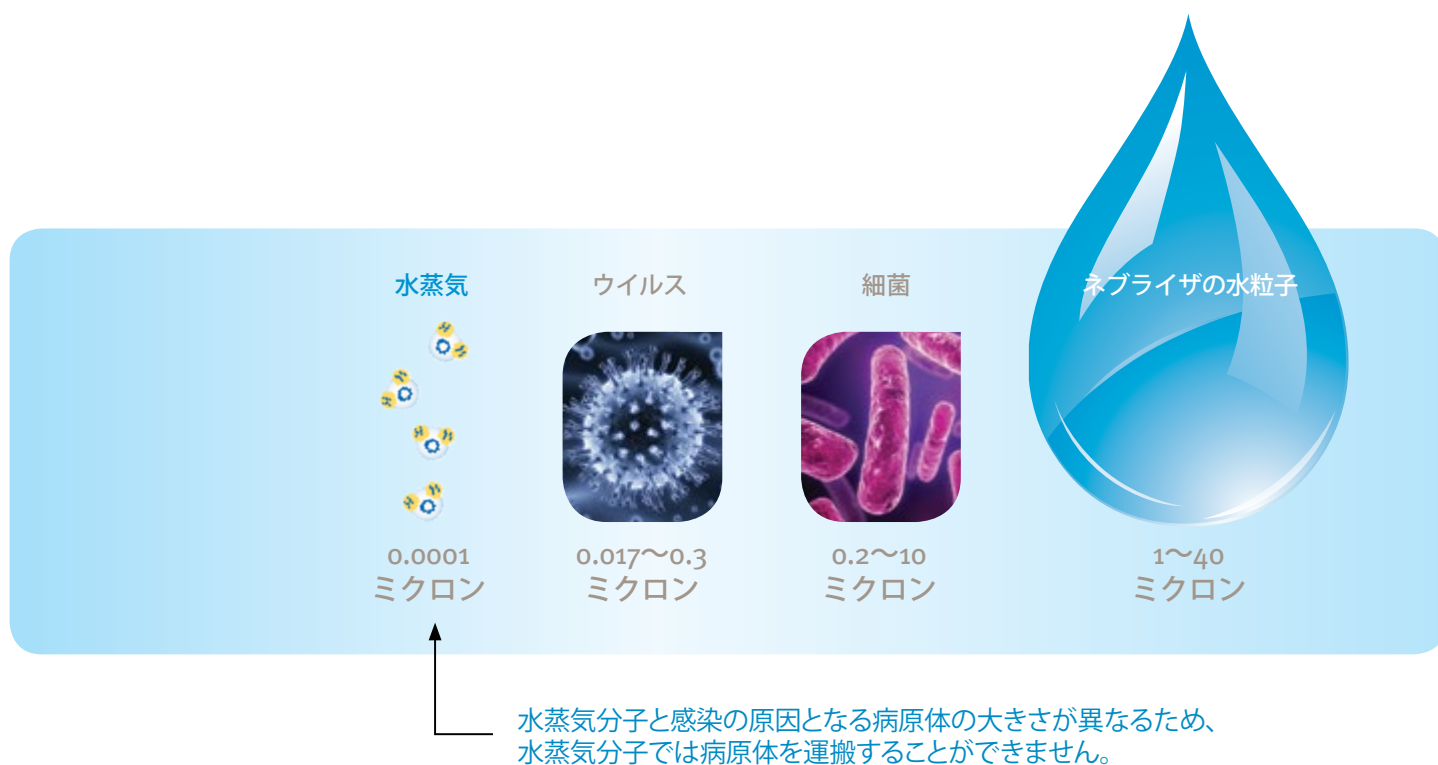
### 1. 加温加湿により回路の取り外しをする回数が減少し、相互汚染のリスクが軽減するため、クローズドシステムが促進されます。

加温加湿を使用することで、回路の取り外しの必要性が軽減します。回路の取り外しのたびに、COVID-19感染患者を治療する医療従事者への相互感染リスクが高まります。

- 加温加湿により分泌物クリアランスを改善し、受動的加湿と比較して増粘した分泌物を減少させます。人工呼吸器回路を大気開放して増粘した分泌物を管理する回数が減少します。
- フィルター付きのHMEは、分泌物が厚くなるとフィルターが湿ってしまうため（ろ過効率の低下）頻繁に交換する必要があります。そのため、回路を取り外さなければなりません。
- 水蒸気・湿度を素材に拡散させる加温加湿回路（F&P Evaqua 2回路）をテストした結果、ウイルスまた細菌の病原体は素材を透過または浸透できず、水蒸気のみが透過または浸透できることを確認しました。
- 能動的加湿であろうと受動的加湿であろうと回路の取り外しは避けられません。能動的加湿により、医療従事者が回路を取り外す回数を減らし、クローズドシステムを促進し、相互汚染のリスクを軽減します。

### 2. 加温加湿によりウイルスまたは細菌を運搬できない水蒸気（エアロゾルではありません。）を生成します。

加温加湿器は、加湿チャンバー内で呼吸ガスを加温し水蒸気分子を患者に供給します<sup>1,2</sup>。気化過程により水分子を空中に拡散します。拡散する水の分子性状や水蒸気分子の大きさ（ $\sim 0.0001$ ミクロン）は小さいため細菌またはウイルスを運搬できません<sup>3</sup>。エアロゾル化された水滴ではこれらの病原体を運搬する可能性があるため、COVID-19に関する臨床ガイドラインにおいて、挿管、噴霧、気管支鏡検査などのエアロゾル発生手技に対する感染管理が推奨されています。侵襲的換気用の加温加湿はエアロゾル化が発生しないため、COVID-19ガイドラインに侵襲的換気を受ける患者に対してのエアロゾル発生の可能性がある手技として掲載されていません<sup>4</sup>。



**3. 従来の加温加湿器と比較して、F&P Evaqua 2回路は結露を大幅に減少させます。回路を取り外す回数を削減し、感染リスクを軽減させ、クローズドシステムを促進することができます。**

より新たな技術を採用した回路では、回路の壁が水蒸気が浸透できる材質であるため、結露を大幅に軽減させることができます。F&P Evaqua 2回路のこの材質は、ウイルスまたは細菌の病原体が材質を透過または浸透できず、水蒸気のみが透過または浸透できるよう設計・試験されています。吸気アーム内の復水を排出して加湿チャンバーに循環させることができますので、回路を取り外し大気開放する必要はありません。

**4. 医療従事者は抜管後のNIVとNHFの患者に同じ侵襲的換気回路を使用できますので、感染した廃棄物の量を減らすことができます。**

加温加湿器の使用により、侵襲的換気、非侵襲的換気とNHFの3つの治療に単一の回路を使用できるようになります。それぞれの治療で再使用することで、必要とする装置を簡素化し、複数の回路を必要とする患者を減らすこととなります。例えば、デュアルアーム型NIVを同じ回路で実施したり、呼気アームを取り外して単一アーム型NIVおよびNHF用の吸気アームを残すことができます。

## 人工呼吸器を使用するCOVID-19感染患者に対する加温加湿の利点

### 5. 重度の呼吸器疾患で重症になったCOVID-19感染患者は、分泌物を管理し、効率的な換気とガス交換を促進し、最適な粘膜線毛運動機能を確保するため、高湿度を必要とします。

上気道は吸入空気を37 °C、相対湿度100% (絶対湿度44 mg/L) に加温加湿します<sup>5~7</sup>。低い温度と湿度での患者の侵襲的換気は、以下の悪影響を及ぼすことが報告されています：

- 粘膜線毛運動系障害<sup>5,7</sup>
- 気道乾燥<sup>8</sup>
- ETT閉塞<sup>9~11</sup>
- 粘度が高く吸引しにくい分泌物<sup>12</sup>
- 人工呼吸器関連肺炎 (VAP) の発生率の上昇<sup>13</sup>

加温加湿器は患者に最適な温度と湿度 (37 °C、44 mg/L) を供給することを目的としたものです。多くのHMEでは最大湿度32~33 mg/Lに達し、30 mg/L未満の供給となっています<sup>14</sup>。研究によると、HMEを使用することで患者に加温加湿器より大幅に低い湿度を供給し、結果15分間にわずか10%低下した湿度を供給することによって粘膜線毛運動機能に大きな影響を与え得ることが報告されています<sup>7</sup>。

### 6. 加温加湿により、解剖学的死腔量が増加することなく加湿できるという効果的な肺保護換気に不可欠な要件を満たします。

COVID-19感染患者には肺保護換気が必要となります。HMEと比較して、加温加湿により、二酸化炭素分圧 (PaCO<sub>2</sub>) とプラトー圧 (P<sub>plat</sub>) を低減した状況でより低い一回換気量 (V<sub>T</sub>) で患者に換気を行い、肺胞換気とガス交換を向上させることができます。この場合の患者は解剖学的死腔量が増加しない加湿を必要としており、加温加湿でのみ実現可能です。

肺保護換気は、死亡率に直接影響を与える可能性のある換気設定と関連手順の組み合わせです<sup>15~19</sup>。肺保護換気の重要な側面として、呼吸、ガス交換や肺胞換気の働きに重大な影響を及ぼす可能性のある、解剖学的死腔量を最小限に抑えます<sup>16, 20~25</sup>。幾つかの臨床ガイドラインにおいて、侵襲的換気を受けるCOVID-19感染患者またはARDSの基準を満たす患者に肺保護換気が推奨されています<sup>4, 26</sup>。

- 加温加湿器の使用では解剖学的死腔量が増加しない一方、HMEでは死腔量が最大100 mL増加する可能性があります。幾つかの研究において、加温加湿器で死腔量を減らせばガス交換に大きな好影響を与え、死腔量の低減に比例してPaCO<sub>2</sub>が低減することが証明されています<sup>21~25</sup>。Prat et al.<sup>23</sup>は、加温加湿器を使用すればHMEと比較して他の設定を変更せずPaCO<sub>2</sub>が80から63 mmHgに低下することを証明しました。
- Moran et al.<sup>22</sup>は、加温加湿器を使用すればHMEに比べて一回換気量 (V<sub>T</sub>) を81 mL、ピーク圧力 (P<sub>peak</sub>) を7 cmH<sub>2</sub>O、プラトー圧 (P<sub>plat</sub>) を4 cmH<sub>2</sub>O低減できることを証明しました。

### 7. 加湿加湿は、離脱困難な患者の場合、HMEと比較してより効果的な離脱を可能にします。

COVID-19感染患者は、その疾患の性質、また急性呼吸切迫症候群 (ARDS) の発症可能性が高いため、機械的換気の離脱が困難になる可能性が高くなります。HMEより加温加湿の方で死腔量および流動抵抗を減らし、最適な離脱を実現できます<sup>20</sup>。

Girault et al.<sup>20</sup>は離脱が困難になる患者でHMEの使用と加温加湿を比較しました。HMEを使用する場合は、加温加湿グループに比べてHMEグループで圧補助を8 cmH<sub>2</sub>O上げる必要があることを認めました。研究では、この患者集団ではHMEを使用しないことが推奨されています。

## 参考文献

1. Gillies, D., Todd, D. A., Foster, J. P. & Batuwitige, B. T. Heat and moisture exchangers versus heated humidifiers for mechanically ventilated adults and children. *Cochrane Database Syst. Rev.* 9, CD004711–CD004711 (2017).
2. Schulze, A. Respiratory gas conditioning in infants with an artificial airway. *Semin. Neonatol.* 7, 369–377 (2002).
3. Schulze, A. Respiratory gas conditioning and humidification. *Clin. Perinatol.* 34, 19–33 (2007).
4. The Australia and New Zealand Intensive Care Society (ANZICS). (2020, March 26). ANZICS COVID-19 Guidelines. Retrieved from <https://www.anzics.com.au/coronavirus-guidelines/>
5. Williams, R., Rankin, N., Smith, T., Galler, D., & Seakins, P. (1996). Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of airway mucosa. *Critical Care Medicine*, 24(11), 1920-1929.
6. Ryan, S. N., Rankin, N., Meyer, E., & Williams, R. (2002). Energy balance in the intubated human airway is an indicator of optimal gas conditioning. *Critical Care Medicine*, 30(2), 355-361.
7. Tatkov, S., & Pack, R. J. (2011). Symmetrical-Waveform High-Frequency Oscillation Increases Artificial Mucus Flow Without Changing Basal Mucus Transport in In Vitro Ovine Trachea. *Respiratory Care*, 56(4), 435-441.
8. Branson, R. D. (2000). Preventing Moisture Loss from Intubated Patients. *Clinical Pulmonary Medicine*, 7(4), 187-198.
9. Branson, R. D. (2007). Secretion Management in the Mechanically Ventilated Patient. *Respiratory Care*, 52(10), 1328-1347.
10. Doyle, A., Joshi, M., Frank, P., Craven, T., Moondi, P., & Young, P. (2011). A change in humidification system can eliminate endotracheal tube occlusion. *Journal of Critical Care*, 26, 637.e1-637.e4.
11. Wilsom, A. M., Gray, D. M., & Thomas, J. (2009). Increases in Endotracheal Tube Resistance Are Unpredictable Relative to Duration of Intubation. *Chest*, 136(4), 1006-1013.
12. Robinson, M., & Bye, P. T. (2002). Mucociliary Clearance in Cystic Fibrosis. *Paediatric Pulmonology*, 33, 293-306.
13. Lorente, L., Lecuona, M., Jimenez, A., Lora, M. L., & Sierra, A. (2006). Ventilator-associated pneumonia using a heated humidifier or a heat and moisture exchanger: a randomized controlled trial. *Critical Care*, 10.
14. Lellouche, F., Taille, S., Lefrancois, F., Deye, N., Maggiore, S. M., Jouvret, P., Brochard, L. (2009). Humidification Performance of 48 Passive Airway Humidifiers. *Chest*, 135(2), 276-286.
15. Fan, E., Brodie, D., & Slutsky, A. S. (2018). Acute Respiratory Distress Syndrome: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA*, 319(7), 698-710.
16. Lellouche, F., & Lipes, J. (2013). Prophylactic protective ventilation: lower tidal volumes for all critically ill patients? *Intensive Care Medicine*, 39, 6-15.
17. Papazian, L., Aubron, C., Brochard, L., Chiche, J.-D., Combes, A., Dreyfuss, D., Faure, H. (2019). Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome. *Annals of Intensive Care*, 9(69), 1-18.
18. Griffiths, M. J., McAuley, D. F., Perkins, G. D., Barrett, N., Blackwood, B., Boyle, A., Baudoin, S. V. (2019). Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome. *BMJ Open Respiratory Research*, 6, 1-27.
19. Chu, D. K., Kim, L.-Y., Young, P. J., Zamiri, N., Almenawer, S. A., Jaeschke, R., Alhazzani, W. (2018). Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 391, 1693-1705.
20. Girault, C., Breton, L., Richard, J.-C., Tamion, F., Vandelet, P., Aboab, J., Bonmarchand, G. (2003). Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. *Critical Care Medicine*, 31(5), 1306-1311.
21. Campbell, R. S., Davis, K., Johannigman, J. A., & Branson, R. D. (2000). The Effects of Passive Humidifier Dead Space on Respiratory Variables in Paralyzed and Spontaneously Breathing Patients. *Respiratory Care*, 45(3), 306-312.
22. Moran, I., Bellapart, J., Vari, A., & Mancebo, J. (2006). Heat and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange. *Intensive Care Medicine*, 32, 524-531.
23. Prat, G., Renault, A., Tonnelier, J.-M., Goetghebeur, D., Oger, E., Boles, J.-M., & L'Her, E. (2003). Influence of the humidification device during acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Medicine*, 29, 2211-2215.
24. Prin, S., Chergui, K., Augarde, R., Page, B., Jardin, F., & Vieillard-Baron, A. (2002). Ability and safety of a heated humidifier to control hypercapnic acidosis in severe ARDS. *Intensive Care Medicine*, 28, 1756-1760.
25. Hinkson, C. R., Benson, M. S., Stephens, L. M., & Deem, S. (2006). The Effects of Apparatus Dead Space on PaCO<sub>2</sub> in Patients Receiving Lung-Protective Ventilation. *Respiratory Care*, 51(10), 1140-1144.
26. World Health Organisation. (2020, March 26). Clinical management of severe acute respiratory distress infection when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected. Retrieved from [https://www.who.int/publications-detail/clinical-management-of-severe-acute-respiratory-infection-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected](https://www.who.int/publications-detail/clinical-management-of-severe-acute-respiratory-infection-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected)