

●症例報告●

## 気道の加湿が有効であった気管拡張による持続的カフ漏れの1例

田中京子<sup>1)</sup>・井上裕美子<sup>1)</sup>・福田正人<sup>2)</sup>

キーワード: 長期人工呼吸, 気管壁の拡張, カフ圧, 人工鼻, 非加熱加湿加湿器

### 要 旨

75歳男性。脳幹梗塞のため8ヶ月間人工呼吸が行われ、その後当院に転院した。入院時、気管切開孔(25×15mm)からカフの一部が露出し、断続的なエアリーク(以下カフ漏れ)があった。約10ヶ月後、突然換気不能となった。気管支鏡検査で、気管切開チューブの先端に硬い喀痰を認めた。CT所見では、カフ接触部の気管径が入院時の23.2mmから29.3mmと拡大していた。カフ漏れ防止のためエアーを追加した結果、カフ圧が30cmH<sub>2</sub>O程度になっていたと推測された。そこで、少量(50~60mL/1回換気)のカフ漏れを許容し、カフ圧を20cmH<sub>2</sub>O以下に維持した。気道乾燥には、人工鼻に加湿加湿器を非加熱・室温で併用した。その後、カフ漏れは徐々に消失し気管拡張の改善を認めた。

気管拡張には少量のカフ漏れを許容し、カフ圧を20cmH<sub>2</sub>O以下に維持するカフマネジメントが重要と思われた。人工鼻単独ではカフ漏れによって気道の乾燥を招くため、加湿加湿器を非加熱・室温で追加併用したことが有効であった。

### はじめに

気管切開チューブのカフ圧を高く維持すると気管粘膜の血流障害をきたし、癆痕化を繰り返して気管の拡張を起こすことが知られている<sup>1,2)</sup>。そのため、長期人工呼吸においてカフ圧を適正に保つことが重要である。

今回、気管切開チューブのカフ圧が長期間高く保たれたために気管が拡張し、高炭酸ガス血症を伴う重篤な換気不全を引き起こした症例を経験した。換気不全の原因は、カフ周囲の気道からのエアリーク(以下カフ漏れ)の持続とそれに起因する気道の乾燥、さらに乾燥した喀痰による気道閉塞の三者が組み合わさった結果と考えられた。試行錯誤の結果、気管拡張の進行を防止するために、低圧でのカフ圧管理を優先して持

続的な少量のカフ漏れを許容した。

本症例では、カフ漏れによる気道の乾燥に対して、人工鼻(インターサージカル人工鼻S、エム・シー・メディカル、東京)に加えて加湿加湿器(フィッシャー&パイケルヘルスケアMR290、IMI、東京)のチャンパーのみを非加熱・室温で追加併用することが有効であったので報告する。

### 症 例

患者は、75歳男性。身長163cm、体重53kg。特記すべき既往歴は無かった。

脳幹梗塞を発症して脳神経外科病院に救急搬送され、気管切開下の人工呼吸を含む全身管理が開始された。急性期症状が改善した後、何度も人工呼吸器からの離脱を試みたが成功しなかったため、発症から8ヶ月後に、人工呼吸管理の継続を目的として当院へ転院した。当院での人工呼吸器は、サーボS(フクダ電子、東京)

1) 特定医療法人平成会 平成会病院 看護部

2) 特定医療法人平成会 平成会病院 副院長

[受付日: 2011年9月5日 採択日: 2012年11月30日]

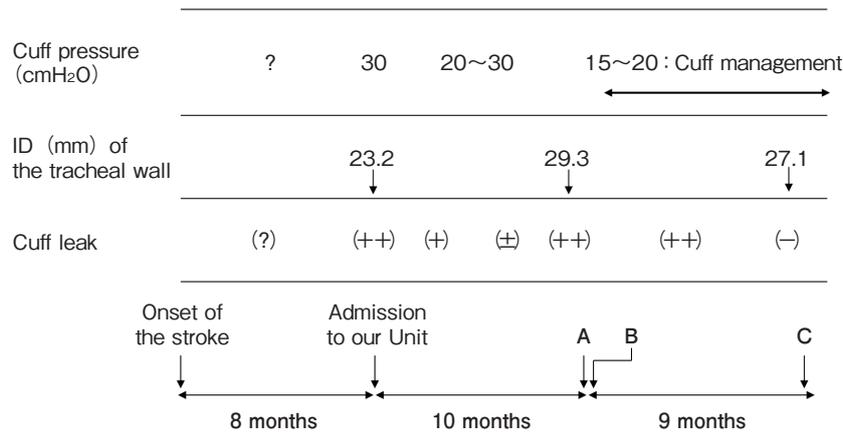


Fig. 1 Clinical course of the patient

Clinical course of the patient. Internal diameter (ID) of the tracheal wall at the cuff contact were measured on CT images. Cuff leak of each ventilation cycle below 20mL or between 20 and 60mL was indicated by (+) or (++) , respectively. Clinical events and episodes were indicated by A, B and C.

A : The patient's SpO<sub>2</sub> suddenly went down below 80%. An endoscopic investigation revealed that the tracheostomy tube was almost occluded at the tip by the thick sputum. B : In order to maintain the cuff pressure below 20cmH<sub>2</sub>O we decided to allow a small amount of cuff leakage per each ventilation cycle, and added an unheated cascade humidifier in line to keep sufficient humidification of the airway. C : The leak completely disappeared 9 months later.

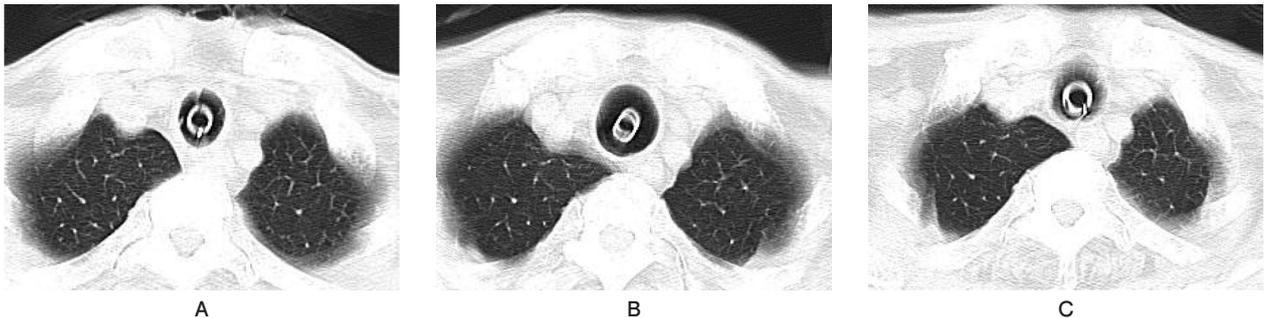


Fig. 2 CT images at the level of the tracheal tube cuff

Chest CT images at the level of the tracheal tube cuff contact.

A : On admission. B : 10 months after the admission. C : 19 months after the admission. ID of the tracheal wall at the cuff contact was 23.2mm, 29.3mm and 27.1mm, respectively.

を用い、換気モードを SIMV (PC) +PS モードとした。SIMV 回数 = 6/分、PC = 10cmH<sub>2</sub>O、PS = 8 cmH<sub>2</sub>O、PEEP = 6H<sub>2</sub>O、F<sub>IO2</sub> = 0.25 で患者の自発呼吸回数は 18 ~ 22 回 / 分、分時呼気換気量は 5.0 ~ 7.0L/分と安定していた。Fig.1 に経過の概要を示した。

前医で作製した気管切開孔は 25mm × 15mm と大きく、カフの一部が覗いていた。このため気管切開チューブ (内径 9.5mm、アスパーエース、日本コヴィディエン、東京) の固定が不安定で、わずかな体動によって頻繁にカフ漏れが生じた。カフ漏れを防ぐためにその都度カフエアを追加したので、カフ圧は意図に反し

て 30cmH<sub>2</sub>O 前後に維持され、断続的にカフ漏れが持続したまま約 10 ヶ月が経過した。胸部 CT で検討すると、入院時の気管の横径は 23.2mm (Fig.2-A) であったが、10 ヶ月後には 29.3mm と明らかに拡大しており、この間、気管拡張が進行していたものと思われた (Fig.2-B)。

そこで、気管切開チューブをカフ位置可変式チューブ (内径 8.0mm、トラキオソフトフィット、コヴィディエンジャパン、東京) に交換して、カフ位置を気管が拡張していない気管分岐部側に移動させ、カフ圧を 20cmH<sub>2</sub>O 以下に保つこととした。カフ漏れは一時消失



Fig. 3 Improved settlement of the tracheal tube

Examples of the better settlement of the tracheal tube and the catheter-mount.

A : Placing the tracheal tube and the catheter-mount on a pad brought better stability while the patient moved. B : Pulling the tracheal tube-wing downward toward the foot prevented the tracheal tube to slip out of the large tracheostomy stoma.

したが、1週間後から再び頻繁にカフ漏れが出現するようになってカフエアーの追加が必要となった。体動によってカフ位置が気管拡張側に移動しないように小枕でカテーテルマウントを下から支える、または気管切開チューブに紐を通し前胸部に固定するなど、気管切開チューブの固定方法を工夫したところ (Fig. 3)、カフ漏れはほぼ消失したように見えた。

しかし、その10日後、突然 SpO<sub>2</sub> が80%以下に低下し EtCO<sub>2</sub> が70mmHgに上昇して患者は強い呼吸困難を訴えた (Fig. 1-A)。気管吸引を試みたが、吸引チューブを奥へ進めることができず、医師が気管支内視鏡検査を施行したところ、気管切開チューブの先端付近を覆うように硬い喀痰が固着していた。気管支鏡でこれを吸引除去することができなかつたので、気管切開チューブを交換した。

サーボSのモニター画面で過去数日間の換気状態を調べたところ、約15時間にわたって、断続的に呼気1回換気量が吸気1回換気量よりも約50mL少なく、この間少量のカフ漏れが持続していたことが判明した。換気不全が起きた時は、人工鼻とカテーテルマウントの内腔は乾燥していた。硬い喀痰の原因は、持続的なカフ漏れによる気道乾燥によるものと推測された。

改めて患者の気管拡張の進行を防ぐことを第一優先とし、気管切開チューブを従来の内径9.5mm (アスパアース)に戻し、カフ圧を20cmH<sub>2</sub>O以下に保つように徹底した。この状態では、毎吸気ごとに10~20mL程度のカフ漏れが持続した。そこで、この程度のカフ漏れを許容しながら気道の乾燥を防ぐために、人工鼻を装着したまま加温加湿器 (フィッシャー&パイクヘルスケア MR290、IMI、東京)のチャンバーを滅菌水で満たして非加熱・室温で呼吸回路の吸気側へ取り

付けて併用することにした (Fig. 1-B)。

これらの対策を徹底したところ、気管切開チューブとカテーテルマウントの内腔は常にうっすらと水滴が確認され、適正加湿状態と考えられた。その後、患者が呼吸困難感を訴えることはなく、カフ漏れ量が徐々に減少して約9ヶ月後には完全に消失した (Fig. 1-C)。この時の胸部CTで、気管横径は27.1mmと若干改善していた。 (Fig. 2-C)

## 考 察

気管切開チューブのカフ圧を長期間にわたって高く維持すると、気管粘膜の血流障害を起こし、瘢痕化を繰り返して、気管軟骨と膜様部の拡張を起こし、さらに重篤な場合には食道の圧迫・潰瘍・穿孔・縦隔炎などが起こると報告されている<sup>1~3)</sup>。本症例では前医における8ヶ月間のカフ圧がどの程度であったかは不明であるが、少なくとも当院転院後の約10ヶ月間の大部分は30cmH<sub>2</sub>O程度の高いカフ圧に曝され、その間、気管拡張が徐々に進行したものと考えられた。

カフ圧を20cmH<sub>2</sub>Oに維持して少量の持続的なカフ漏れを許容した場合、気道の乾燥が問題となる。人工鼻の加湿性能は絶対湿度で30mg/L前後と言われ、気管内の温度が35℃程度と考えると通常、相対湿度は100%に達しない<sup>4)</sup>。人工鼻は、カフ漏れが持続すると呼気中の熱や水分を十分に貯えることができなくなり、次の吸気に放出される水分量が更に減少する。気道が乾燥すると、硬い喀痰によって気管切開チューブ内腔や気道の狭窄・閉塞を起こして換気不全を招くことがある<sup>5,6)</sup>。Fig. 1-Aの突然の気道閉塞はこのような状態であったと考えられた。

このような状況では、人工鼻に追加して気道の加湿

が必要となる。一般に、人工鼻と加温加湿器を併用することは過度の水分によって人工鼻が閉塞する危険性があるので禁忌とされている<sup>4,7)</sup>。一方、Suzukawaらは、非加熱・室温の加温加湿器のチャンバーを吸気回路に追加した場合の呼吸回路内の湿度について詳細に研究し、人工鼻と非加熱・室温チャンバーとの併用が有効であると報告した<sup>8)</sup>。この研究では、1回換気量500mL、換気回数15/分の条件下で、非加熱・室温のチャンバーを通過後、ドライガスは13mg/L程度加湿された。この絶対湿度を「湿り空気線図(psychrometric chart)」を用いて標準大気圧下における相対湿度に換算すると25℃(室温呼吸回路内に相当)で60%、35℃(カテーテルマウント、気管切開チューブに相当)で40%となる。本症例では回路内の温度も湿度も計測しなかったため推測の域を出ない。しかし、人工鼻に加えて非加熱・室温のチャンバーを併用することによって気管切開チューブとカテーテルマウントの内壁に目視で結露や水滴が常時認められたことから、気道内の相対湿度はほぼ100%と考えられた<sup>4)</sup>。人工鼻と非加熱・常温チャンバーとの併用による人工鼻の閉塞や気流抵抗の増加などは認めなかった。長期人工呼吸における感染対策(フィルター機能)を重視した場合、人工鼻を使用することの利点を否定することはできない<sup>9)</sup>。持続的なカフ漏れ症例では、あえてカフ漏れを許容しながら人工鼻と非加熱・室温のチャンバーとの併用による気道加湿を試みる価値があると考え。当院のカフマネジメントについては別途報告した<sup>10)</sup>ので参照されたい。

## 結 語

高いカフ圧が持続して気管が拡張し、それが重篤な換気不全につながった症例を経験した。気管拡張のためにカフ漏れが持続する場合は、気管拡張の進行を止めることを優先するべきであると考え。この場合、カフ漏れを許容すると人工鼻のみでは気道の加湿を十分に保つことが困難であるため、人工鼻に併用して非加熱・室温のチャンバーを吸気回路に追加して気道の加湿を追加することが有効であった。

本論文の一部は第31回日本呼吸療法医学会学術総会(2009年、山形)にて報告した<sup>11)</sup>。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

## 参考文献

- 1) Feist JH, Jonson TH, Wilson RJ: Acquired tracheomalacia: Etiology and differential diagnosis. *Chest*. 1975; 68: 340-5.
- 2) 田畑 孝, 横田順一郎: 気管切開後の気管軟化症にステント治療が有用であった1例. *日救急医学会誌*. 1999; 10: 473-7.
- 3) Rose L, Redl L: Survey of cuff management practice in intensive care unit in Australia and New Zealand. *Am J Crit Care*. 2008; 17: 428-35.
- 4) 磨田 裕: 加温加湿と気道管理 人工気道での加温加湿をめぐる諸問題. *人工呼吸*. 2010; 27: 57-63.
- 5) 卯野木健: 人工呼吸ケアのポイント400. 大阪, メディカ出版, 2004, pp136.
- 6) 磨田 裕: 加温・加湿と人工鼻. *人工呼吸*. 1998; 15: 83-90.
- 7) 「人工呼吸器回路における人工鼻と加温加湿器の併用に係る添付文書の自主点検等について」薬食審査発第0911003号, 薬食安発第0911001号, 厚生労働省, 平成20年9月11日.
- 8) Suzukawa M, Usuda Y, Numata K: The effects on sputum characteristics of combining an unheated humidifier with a heat-moisture exchanging filter. *Respir Care*. 1989; 34: 976-84.
- 9) 山村剛康, 福田正人, 平清水智実: 長期人工呼吸症例の加温・加湿. *呼吸器ケア*. 2009; 7: 48-51.
- 10) 田中京子, 高橋澄子, 林 朝子ほか: 長期人工呼吸管理におけるカフ・マネジメントに関する研究. *呼吸器ケア*. 2011; 9: 634-41.
- 11) 田中京子, 井上裕美子, 鶴田郁子ほか: 気管チューブカフ圧過剰により生じた気管拡張の1例. 第31回日本呼吸療法医学会学術総会プログラム・抄録集. 2009; 129.

## Combination of heat-moisture exchanger and unheated cascade humidifier in-line was beneficial to avoid insufficient airway humidity caused by continuous cuff leakage in a long-term mechanically ventilated patient

Kyoko TANAKA<sup>1)</sup>, Yumiko INOUE<sup>1)</sup>, Masato FUKUDA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Nursing Department, Heiseikai Hospital

<sup>2)</sup> Post-ICU Care Unit, Heiseikai Hospital

Corresponding Author : Kyoko TANAKA

Nursing Department, Heiseikai Hospital

1-1 N1W18 Chuo-ku, Sapporo, 060-0001, Japan

Key words : long-term mechanical ventilation, tracheaectasy, cuff pressure, heat-moisture exchanger, unheated cascade humidifier.

### Abstract

We describe our experience with a 75 year old male patient with the brain-stem infarction who was mechanically ventilated for more than two years. Upon arrival at our Respiratory Care Unit, 8 months after the stroke, we observed a large tracheostomy stoma (25×15mm) where the tracheostomy tube-cuff could easily slip out, and also leak air at every positive pressure inspiration cycle. In spite of a variety of attempts to resolve these airway problems, 10 months had passed without achieving any improvement. Once, when the patient's SpO<sub>2</sub> suddenly went down below 80%, an endoscopic investigation revealed that the tracheostomy tube was almost occluded at the tip by the thick sputum. Thickening of the sputum suggested that the heat-moisture exchanger (HME) was insufficient to maintain appropriate airway humidity. A CT image showed an enlarged tracheal wall diameter of 29.3mm in contact with the cuff, which previously was 23.2mm at the patient's time of admission. Cuff pressure was monitored at every nursing shift. Additions of cuff pressure to avoid cuff-leaks seemed to frequently raise cuff pressure up around 30cmH<sub>2</sub>O. This may have unintentionally resulted in a further tracheaectasy.

Therefore, we decided to allow a small amount of intentional cuff leakage of less than 50~60mL per each ventilation cycle, and to maintain the cuff pressure below 20cmH<sub>2</sub>O in order to prevent any damage to the tracheal wall mucosa in contact with the cuff. Since a continuous cuff leakage produced under humidification of the airway due to excessively dry inspiration gas, we added an unheated cascade humidifier in line. After the humidification was started, while allowing a small amount of cuff leakage, the tracheaectasy gradually decreased over several months and the leak completely disappeared 9 months later.

### Discussion

A combination of HME and unheated in-line cascade humidifier was beneficial to avoid insufficient airway humidity caused by continuous cuff leakage in a long-term mechanically ventilated patient. We also discuss important aspects of cuff management, including the maintenance of the tracheostomy tube with inflatable cuff at the right position in the trachea, and appropriate cuff pressure.