人工呼吸器離脱を成功に導くための取り組み

人工呼吸器からの早期離脱が患者の日常生活やQOLを改善することが明らかになっていることから¹⁾, 人工呼吸器を装着した時点で、離脱に向けた管理は原疾患の治療と並行して計画的に進められる。気管チューブ挿管期間の長期化は人工呼吸器関連肺炎 (ventilator-associated pneumonia, VAP) のリスク因子であり²⁾, 合併症リスクや致死率の上昇, 医療コストの増加にも関係する³⁾。また, 人工呼吸器からの離脱が遅れることにより, 肺炎リスクの上昇やICUの在室日数ならびに在院日数の長期化が示されているため⁴⁾, 可及的早期かつ適切に人工呼吸管理から移行できることが望ましい。一方で, 無計画な人工呼吸器離脱は再挿管を助長する⁵⁾。また再挿管例では合併症リスクや入院期間, 死亡率が上昇する⁶⁾。したがって, 人工呼吸器離脱に向けた取り組みとして, プロトコルに基づいた計画的なアプローチと評価, 離脱基準の策定と遵守が重要となる。

人工呼吸器からの離脱に向けたプロトコルは今までいくつか提唱されている。持続鎮静下の人工呼吸器患者に1日1回鎮静薬を中断し覚醒を促すこと (spontaneous awakening trial, SAT) により, 人工呼吸期間が短縮しVAPの発生率が低下した⁷⁾。人工呼吸器離脱に際して自発呼吸の能力を評価する自発呼吸トライアル (spontaneous breathing trial, SBT) をSATに組み合わせることで, 人工呼吸期間や在院日数の短縮, VAPの減少などを認めている¹⁾。また人工呼吸管理下であっても鎮静を中断し四肢運動や坐位・立位など離床を促すことで, 人工呼吸期間やせん妄期間が減少し, 中長期的予後も改善することが示された⁸⁾。いずれも人工呼吸管理下であっても不必要な安静や鎮静を強かず, 患者のマネジメントで発生するリスクを積極的に軽減しようとする取り組みである。これらの取り組みを集約した管理指針として「ABCDEバンドル」が提唱されている⁹⁾。このバンドルは人工呼吸管理に伴うリスクを最小限に抑制し, 早期に人工呼吸器離脱を促すもので, 人工呼吸期間とせん妄期間の減少が報告されている¹⁰⁾。我が国においては, 人工呼吸療法を主導する3学会 (日本集中治療医学会・日本呼吸療法医学会・日本クリティカルケア看護学会) により実践的

な人工呼吸器離脱プロトコルが作成されている¹¹⁾。このプロトコルは, 人工呼吸器離脱に携わる医療従事者が多職種チームで介入できるようデザインされている。SATとSBTの成功を確認後, 気管チューブの抜管という実施フローが示され, それぞれの工程で基準が設定されている (Table 1)。

本号の篠原らの報告¹²⁾では, 抜管直前の最大呼気圧 (maximal expiratory pressure, MEP), すなわち呼吸筋力が術後再挿管の独立した関連因子であることが示されている。患者の病態や重症度を調整し, 再挿管のリスク因子として抽出されたMEPについて, 再挿管に至った経緯と関連付けて考察している点で, 非常に興味深い報告である。再挿管の関連因子として報告が多いものに吸気筋力である最大吸気圧 (maximal inspiratory pressure, MIP) の低下がある¹³⁾。MIPは換気能を反映する指標として考えられ, 人工呼吸器装着期間の延長, ならびに抜管後の呼吸仕事量や呼吸筋疲労に関連すると考えられている¹⁴⁾。それに対してMEPは気道内分泌物の喀出に関連する因子とされる。篠原らの検討でも再挿管に至った症例の半数は喀痰喀出困難であった。疾患の違いがあるが神経筋疾患における気道内分泌物の喀出困難はMEP<60 mmHgが一つの目安であり¹⁵⁾, 篠原らが引用した先行研究論文¹⁶⁾でもMEPのカットオフ値を55 mmHgとしている。篠原らの研究における対象者は疾患が異なるが, ほぼこれらのカットオフ値を下回っており, 気道内分泌物の産生が増加すると喀痰喀出が困難になったことは容易に考えられる。

人工呼吸器離脱後, 強制呼気によって気管・気管支は胸腔内圧に圧迫され, 等圧点より口腔側では気管・気管支が狭窄しやすくなる¹⁷⁾。さらに気管・気管支は分泌物があると内腔が小さくなることから, 理論上Hagen-Poiseuilleの法則: $R = 8 \mu l / \pi r^4$ (R : 抵抗, μ : 粘度係数, l : 長さ, r : SSP半径) により気道抵抗は大きくなる。喀痰に必要な呼気流速は肺胸郭の収縮圧と気道抵抗で示されるため, 気道抵抗が高いと喀出にかかる呼吸筋の負担はさらに大きいものになる。篠原らが検討した対象は外科術後の患者で人工呼吸期間は先行研究より比較的短期間 (中央値で3日) だったた

Table 1 人工呼吸器離脱プロトコル 基準一覧¹⁰⁾

SAT 開始安全基準
以下の事項に該当しない
☐ 興奮状態が持続し、鎮静薬の投与量が増加している
☐ 筋弛緩薬を使用している
☐ 24時間以内の新たな不整脈や心筋虚血の徴候
☐ 痙攣、アルコール離脱症状のため鎮静薬を持続投与中
☐ 頭蓋内圧の上昇
☐ 医師の判断
SAT 成功基準
①②ともにクリアできた場合を「成功」
① RASS: -1~0
② 鎮静薬を中止して30分以上過ぎても次の状態とならない
☐ 興奮状態
☐ 持続的な不安状態
☐ 鎮痛薬を投与しても痛みをコントロールできない
☐ 頻呼吸(呼吸数 $\geq 35/\text{min}$, 5分間以上)
☐ $\text{SpO}_2 < 90\%$ が持続し対応が必要
☐ 新たな不整脈
SBT 開始安全基準
①~⑤をすべてクリアした場合「SBT 実施可能」
① 酸素化が十分である
☐ $\text{FI}\text{O}_2 \leq 0.5$ かつ $\text{PEEP} \leq 8 \text{ cmH}_2\text{O}$ のもとで $\text{SpO}_2 > 90\%$
② 血行動態が安定している
☐ 急性の心筋虚血、重篤な不整脈がない
☐ 心拍数 $\leq 140/\text{min}$
☐ 昇圧薬の使用について少量は許容する ($\text{DOA} \leq 5 \mu\text{g/kg/min}$, $\text{DOB} \leq 5 \mu\text{g/kg/min}$, $\text{NAD} \leq 0.05 \mu\text{g/kg/min}$)
③ 十分な吸気努力がある
☐ 1回換気量 $> 5 \text{ mL/kg}$
☐ 分時換気量 $< 15 \text{ L/min}$
☐ Rapid shallow breathing index[1分間の呼吸数/1回換気量(L)] $< 105/\text{min/L}$
☐ 呼吸性アシドーシスがない($\text{pH} > 7.25$)
④ 異常呼吸パターンを認めない
☐ 呼吸補助筋の過剰な使用がない
☐ シーソー呼吸(奇異性呼吸)がない
⑤ 全身状態が安定している
☐ 発熱がない
☐ 重篤な電解質異常がない
☐ 重篤な貧血を認めない
☐ 重篤な体液過剰を認めない
SBT 成功基準
☐ 呼吸数 $< 30/\text{min}$
☐ 開始前と比べて明らかな低下がない(たとえば $\text{SpO}_2 \geq 94\%$, $\text{PaO}_2 \geq 70 \text{ mmHg}$)
☐ 心拍数 $< 140/\text{min}$, 新たな不整脈や心筋虚血の徴候を認めない
☐ 過度の血圧上昇を認めない
以下の呼吸促進の徴候を認めない(SBT 前の状態と比較する)
☐ 呼吸補助筋の過剰な使用がない
☐ シーソー呼吸(奇異性呼吸)
☐ 冷汗
☐ 重度の呼吸困難感、不安感、不穏状態

DOA, dopamine; DOB, dobutamine; NAD, noradrenaline.

め、呼吸筋弱化は小さかったかもしれない。このような患者では抜管後の気道内分泌物も含めた気道抵抗と呼吸筋力とのバランスが重要になると推察される。今回の篠原らの報告では、抜管成功例における喀痰の可否、あるいは分泌物の量についての検討やABCDEバンドルなど、人工呼吸器離脱プロトコルの遂行については明らかではない。それでも篠原らの論文は、呼吸運動を一手に担う呼吸筋力の抜管基準値の標準化において大きな意義があると思われる。今後の検討にもぜひ期待したい。

本稿の著者に規定されたCOIはない。

文 献

- 1) Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet* 2008;371:126-34.
- 2) Burja S, Belec T, Bizjak N, et al. Efficacy of a bundle approach in preventing the incidence of ventilator associated pneumonia (VAP). *Bosn J Basic Med Sci* 2018;18:105-9.
- 3) Dasta JF, McLaughlin TP, Mody SH, et al. Daily cost of an intensive care unit day: the contribution of mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2005;33:1266-71.
- 4) Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, et al. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1530-6.
- 5) Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, et al. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997;25:567-74.
- 6) Seymour CW, Martinez A, Christie JD, et al. The outcome of extubation failure in a community hospital intensive care unit: a cohort study. *Crit Care* 2004;8:R322-7.
- 7) Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, et al. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2000;342:1471-7.
- 8) Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet* 2009;373:1874-82.
- 9) Vasilevskis EE, Ely EW, Speroff T, et al. Reducing iatrogenic risks: ICU-acquired delirium and weakness--crossing the quality chasm. *Chest* 2010;138:1224-33.
- 10) Balas MC, Vasilevskis EE, Olsen KM, et al. Effectiveness and safety of the awakening and breathing coordination, delirium monitoring/management, and early exercise/mobility bundle. *Crit Care Med* 2014;42:1024-36.
- 11) 3学会(日本集中治療医学会, 日本呼吸療法医学会, 日本クリティカルケア看護学会) 合同人工呼吸器離脱ワーキング. 人工呼吸器離脱に関する 3 学会合同プロトコル. [cited 2021 Aug 18]. Available from: https://www.jsicm.org/pdf/kokyuki_ridatsul503b.pdf
- 12) 篠原史都, 水谷公司, 加賀谷 斉, 他. 抜管直前の呼吸機能検査における最大呼気圧は術後再挿管の関連因子である. *日集中医誌* 2021;28:521-6.
- 13) Medrinal C, Prieur G, Frenoy É, et al. Respiratory weakness after mechanical ventilation is associated with one-year mortality - a prospective study. *Crit Care* 2016;20:231.
- 14) De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Durand MC, et al. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Crit Care Med* 2007;35:2007-15.
- 15) Birnkrant DJ, Panitch HB, Benditt JO, et al. American College of Chest Physicians consensus statement on the respiratory and related management of patients with Duchenne muscular dystrophy undergoing anesthesia or sedation. *Chest* 2007;132:1977-86.
- 16) Lai CC, Chen CM, Chiang SR, et al. Establishing predictors for successfully planned endotracheal extubation. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4852.
- 17) Jordanoglou J, Pride NB. Factors determining maximum inspiratory flow and maximum expiratory flow of the lung. *Thorax* 1968;23:33-7.

受付日 2021 年 8 月 24 日
採択日 2021 年 9 月 13 日

飯田 有輝
豊橋創造大学保健医療学部
(〒440-8511 愛知県豊橋市牛川町松下 20-1)

Approaches to successful ventilator weaning

Key words: ① weaning, ② protocol, ③ predictors

Yuki Iida
Department of Physical Therapy, Toyohashi SOZO University School of Health Sciences
(20-1, Matsushita, Ushikawa, Toyohashi, Aichi 440-8511, Japan)

J Jpn Soc Intensive Care Med 2021;28:499-501.