

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09049

研究課題名（和文）抜管時の陽圧換気が呼吸機能に与える影響：経肺圧と電気インピーダンス法による評価

研究課題名（英文）Effects of positive pressure extubation on respiratory function evaluated by trans-pulmonary pressure and electrical impedance tomography

研究代表者

大藤 純 (OTO, Jun)

徳島大学・大学院医歯薬学研究部（医学域）・教授

研究者番号：40346606

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：人工呼吸器離脱におけるSBT中の換気圧は低く、肺虚脱に伴う抜管後呼吸不全が問題となる。抜管時の陽圧換気が肺虚脱を防ぎ、呼吸機能が改善するのか検討した。呼吸機能評価は、食道内圧や電気インピーダンストモグラフィを使用し、automatic tube compensation (ATC) モード、フルサポート圧、ZEEPを抜管と仮定した。ATCへ変更前にPEEP10とする場合とSBT (PS 5 PEEP5)のままの場合で呼吸機能を比較した。ATC変更後10分で、center of ventilationや食道内圧変動に違いはなく、抜管前の陽圧は、呼吸機能に影響しない可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工呼吸器からの離脱において、抜管が成功するか否かの予測因子に関する研究は数多く実施されてきたが、どのような抜管方法が抜管後の呼吸不全を予防しうるのかは不明である。特に肺虚脱の予防目的で、抜管時に陽圧換気を加えるべきかは明らかでなく、本邦のガイドラインでは、自発呼吸試験後に抜管と述べるに留まり、諸外国では抜管前の陽圧換気を推奨するガイドラインも存在する。本研究では、抜管前の陽圧換気の効果は一時的で、抜管後の呼吸機能への影響は少ないことが示唆された。これにより、抜管前の陽圧換気による不要な抜管の遅れや陽圧換気によるストレスを避けることができ、人工呼吸器管理に与える影響は少なくないと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The ventilation pressure during SBT when weaning from a ventilator is low, and respiratory failure after extubation due to lung collapse becomes a problem. We investigated whether positive pressure ventilation at the time of extubation prevents lung collapse and improves respiratory function. Respiratory function was compared between when PEEP10 was used before changing to ATC and when SBT (PS 5 PEEP5) was maintained. Ten minutes after ATC change, there was no difference in center of ventilation or esophageal pressure fluctuations, suggesting that positive air pressure before extubation may not affect respiratory function.

研究分野：救急医学

キーワード：抜管前の陽圧換気 人工呼吸器離脱 抜管

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人工呼吸器からの離脱を安全に行うことは、抜管後呼吸不全の頻度を軽減し、人工呼吸管理期間の短縮や ICU 在室期間を短縮させることで、生命予後の改善や医療費の削減にも繋がる。人工呼吸器離脱前の呼吸機能評価として、自発呼吸試験 (spontaneous breathing trial: SBT) による評価が推奨されるが、不適切な SBT 施行は、肺虚脱による低酸素血症や呼吸筋疲労を誘発し、呼吸器依存状態を延長させることや抜管後呼吸不全および再挿管のリスクとなりうる。近年の呼吸器離脱ガイドラインでは、呼吸補助を行わない T-piece 法よりも、低い pressure support ventilation: PSV および PEEP を付加した SBT の施行が推奨されている。また、SBT 施行後に再度人工呼吸器を装着する方法や抜管前に高い PEEP+PSV を付加して抜管する方法は、肺虚脱や呼吸筋疲労を予防し、呼吸器合併症や再挿管の頻度を減少させることが報告されている。ただし、抜管前の陽圧換気による肺リクルートメント効果は、抜管後に陽圧がなくなった状態でも継続するのは明らかではない。英国 Difficult Airway Society ガイドラインおよび Miller's Anesthesia 最新版では、麻酔覚醒時の抜管方法として、肺が虚脱する吸引抜管ではなく加圧抜管を推奨しているが、加圧による肺リクルートメント効果は一時的であり、受動的加圧による呼気および分泌物排泄の促進を期待するものとされる。よって、人工呼吸患者における抜管直前の陽圧換気の有用性を証明するためには、抜管前後の呼吸生理学的機能の定量的評価は不可欠である。これまでの研究では、いずれも T-piece 法を含む SBT との比較研究であり、PSV+PEEP による SBT が主体となった現在の実情には合致しない。また、上述のように、抜管直前の陽圧換気や陽圧を付加した状態での抜管が抜管後の呼吸仕事量や肺容積に与える影響を定量的に評価した研究はない。

2. 研究の目的

人工呼吸器からの安全な離脱方法の確立は、抜管後呼吸不全の頻度を軽減し、生命予後の改善や医療費の削減に繋がる。人工呼吸器離脱前の評価として、自発呼吸試験 (spontaneous breathing trial: SBT) が推奨されているが、不適切な SBT 施行は、肺虚脱による低酸素血症や呼吸筋疲労を誘発し、抜管後呼吸不全および再挿管のリスクを高める可能性が指摘されている。近年、SBT 施行後に陽圧換気を行い抜管する方法が、肺虚脱や呼吸筋疲労を予防し、呼吸器合併症を減少させることが報告されている。ただし、抜管前の陽圧換気が抜管後の呼吸仕事量や肺容積に与える影響を定量的に評価した研究はない。本研究の目的は、抜管前の陽圧換気が抜管後の呼吸機能や肺容積など呼吸生理機能に与える影響を electrical impedance tomography: EIT および食道内圧を用いて評価することである。

3. 研究の方法

対象：ICU で 24 時間以上人工呼吸管理を行い、かつ人工呼吸器からの離脱が考慮される満 18 歳以上の成人患者

除外基準：気道開存性が維持できない患者 (意識障害、咳嗽反射が弱い、気道分泌物

が多い、カフリークテスト陽性、など)、高度肥満 (BMI 35 kg/m^2)、胸部外傷など EIT モニタリングが困難な患者、食道手術後、など

方法：

抜管前後の呼吸生理学的機能の評価

(1) 人工呼吸器からの離脱を考慮し、SBT を行う予定の患者に対し、EIT および食道内圧を装着し、SBT 施行前のモニタリングを行う。

(2) SBT (CPAP+PS mode, PSV $5 \text{ cmH}_2\text{O}$, PEEP $5 \text{ cmH}_2\text{O}$) 30 分間施行し、SBT の可否を判断する。SBT 施行中は EIT および食道内圧モニタリングを行う。

(3) SBT 成功の患者を、陽圧換気群、通常群、に割り付けを行う。SBT 不成功の患者は、元の人工呼吸器設定に戻す。SBT 成否の判断は、人工呼吸器離脱ガイドラインに従う。

(4) 本研究で使用する EIT (Enlight 2100, TIMPEL S.A. Brazil) では、抜管にて人工呼吸器を外すとモニタリングの整合性が損なわれるため、疑似的な抜管状態を再現するために、ATC mode (Automatic Tube Compensation, support 100%、PEEP $0 \text{ cmH}_2\text{O}$, $F_{\text{I}}\text{O}_2$ は SBT 中と同等) を使用した。SBT 後には、陽圧換気群では、呼吸器設定を PSV $15 \text{ cmH}_2\text{O}$, PEEP $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ として、10 分間換気を行い、その後 ATC mode として、30 分間観察した後に EIT パラメータを評価した。通常群では、SBT 後そのまま ATC mode とし、EIT による計測を実施した。

主要表歪項目として、ATC mode 中の換気分布 (腹側肺/背側肺 比率)、SBT から ACT にかけての EELZ 変化率 (EELZ)、呼吸回数、 $\text{SpO}_2/\text{F}_{\text{I}}\text{O}_2$ 比、呼気終末経肺圧 (気道内圧 - 食道内圧) とし、副次評価項目として、その他バイタルサインや pendelluft 現象の有無とした。

4. 研究成果

解析対象患者数 8 症例 年齢 73 ± 11 歳 M/F 5/3 BMI: $26 \pm 6 \text{ kg/m}^3$

(1) 換気分布

陽圧換気群：

SBT 中 高 PEEP 負荷 ATC

$44 \pm 14.3\%/56.3 \pm 14.3\%$ $49.5 \pm 10.0\%/50.5 \pm 10.1\%$ **$48.8 \pm 9.9\%/51.3 \pm 9.9\%$**

通常群：

SBT 中 ATC

$41.7 \pm 6.1\%/58.3 \pm 6.1(\%)$ **$48.5 \pm 10.9(\%)/51.5 \pm 10.9(\%)$**

*両群で有意な差はなく、抜管前の高 PEEP 負荷は、疑似的な抜管後では、換気分布に影響は与えない可能性が示唆された。

(2) EELZ

陽圧換気群：

14.8 ± 23

通常群：

0.04 ± 9.2

*両群で SBT と ATC において、EELZ は小さく、呼気終末肺容積はほぼ変化がないことが示唆された。両群間で有意差はなかった。

(3) 呼吸回数

陽圧換気群：

SBT 中 高 PEEP 負荷 ATC

25.8 ± 6.8 回 17 ± 5.8 回 23.3 ± 7.8 回

通常群：

SBT 中 ATC

24.8 ± 5.9 23.5 ± 7.9 回

*両群で ATC 中の呼吸回数に有意な差はなく、換気分布や呼気終末肺容積への影響もなかったことを反映していると考えられる。

(4) SpO₂/F_IO₂ 比

陽圧換気群：

SBT 中 高 PEEP 負荷 ATC

351 ± 77 354 ± 75 353 ± 76 回

通常群：

SBT 中 ATC

350 ± 75 351 ± 74

*両群で ATC 中の SpO₂/F_IO₂ 比に有意な差はなく、換気分布や呼気終末肺容積への影響もなかったことを反映していると考えられる。

(5) 呼気終末経肺圧

陽圧換気群：

SBT 中 高 PEEP 負荷 ATC

3.1 ± 0.02 5.7 ± 0.04 2.2 ± 0.2 cmH₂O

通常群：

SBT 中 ATC

2.6 ± 0.2 2.0 ± 0.1 cmH₂O

*両群で ATC 中の呼気終末経肺圧に有意な差はなく、呼気終末肺容積への影響もなかったことを反映していると考えられる。

(6) その他

pendelluft 現象は、いずれの群や呼吸 mode でも確認されなかった。

結語：抜管前の陽圧換気は、抜管後の換気分布や肺容積、呼吸回数、酸素化、呼気終末経肺圧には影響しない可能性が示唆された。解析対象となった症例数が少なく、今後さらなる検証が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------