

原 著

頸髄損傷患者における mechanical insufflation-exsufflation の効果の後方視的検討

寺尾 嘉彰¹⁾²⁾, 吉田 浩二²⁾, 大路 牧人¹⁾¹⁾長崎労災病院麻酔科²⁾長崎労災病院臨床工学部

(2024 年 10 月 28 日受付)

要旨：急性頸髄損傷患者において、カフアシスト[®]導入前（C 群）の 10 人と導入後（M 群）の 11 人の気管切開頻度を後ろ向きに比較した。全身麻酔や、呼吸不全があった場合、気管挿管管理後、可能であれば抜管した。M 群では抜管した患者や気管挿管しなかった患者に対し、カフアシスト[®]を行った。再挿管が必要になった患者には、気管切開を行った。気管切開の頻度は M 群で 2/11 人と C 群の 7/10 人に比較して有意に少なかった。

(日職災医誌, 73 : 73—76, 2025)

キーワード

カフアシスト[®], 急性頸髄損傷, 気管切開

目 的

Mechanical insufflation-exsufflation (MI-E) は、気道や肺に対して陽圧と陰圧をかけて機械的に深呼吸と咳嗽を補助し、気道クリアランスの改善を図る機器である¹⁾。保険適応に従って、成人では主に神経筋疾患（筋ジストロフィー、筋萎縮性側索硬化症、脳性麻痺、脊髄損傷等）患者の在宅人工呼吸管理での排痰管理に使用されている。海外では集中治療領域での応用も始まっているが、日本では保険適応の問題もあり、急性頸髄損傷の患者を含めて集中治療領域ではほとんど検討されていない¹⁾。また人工呼吸が必要な急性呼吸不全患者において、MI-E の使用は、人工呼吸離脱後の再挿管率を減少させ、ICU 滞在日数を減少させた²⁾。

急性期頸髄損傷患者においては、早期の固定術と MI-E を使用した症例報告³⁾が報告されているが、頸髄損傷患者の急性期において、気管切開の頻度を検討した報告はない。今回我々は頸髄損傷患者の急性期において、MI-E が気管切開を防止する効果があるかどうかについて、後方視的に検討した。

対象と方法

本研究は当院倫理委員会の承認（05007）を受けた後方視的研究であり、対象患者からの同意書は不要であると承認された。本研究は長崎労災病院 ICU に入室したフランケル A または B の急性頸髄損傷患者を対象として

行った。我々は 2019 年 4 月より急性頸髄損傷患者に対して MI-E を導入した。研究期間を 2016 年 3 月から 2019 年 3 月までの MI-E 導入前（C 群）と 2019 年 4 月から 2023 年 6 月までの MI-E 導入後（M 群）に分けた。C 群の患者は 10 人、M 群の患者は 11 人が対象となり、後方視的に比較検討した。頸髄損傷のレベルの頻度は C 群では C3, C4, C5, C6, C7 がそれぞれ 1 人, 2 人, 3 人, 3 人, 1 人であり、M 群では C4, C5, C7 がそれぞれ 4 人, 5 人, 2 人であった。

対象は急性の頸椎骨傷に対する頸椎固定術のための全身麻酔後の人工呼吸症例や、急性頸髄損傷による呼吸不全があった場合、気管挿管し、一般的な人工呼吸管理（従圧式調節呼吸に呼気終末陽圧を併用）を行った。鎮静剤はデクスメデトミジンとフェンタニルを使用した。それでも不十分な場合はプロポフォールを追加した。気管挿管された患者は連日の気管支鏡による吸痰及び気道反射の評価や早期リハビリテーションを含む急性頸髄損傷による呼吸不全に対する呼吸管理を行った。気道反射の回復及び、人工呼吸関連肺炎を併発した場合はその改善を待って、圧支持換気にて人工呼吸器からの離脱を行い $P_aO_2/FIO_2 > 200$ ($FIO_2 \leq 0.4$, $PEEP \leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$), $pH < 7.25$ となるような呼吸性アシドーシスがない場合自発呼吸テストに進んだ⁴⁾。自発呼吸テストの後、抜管基準⁵⁾を満たした場合に抜管した。M 群では抜管された患者や気管挿管されなかった患者に対しカフアシスト[®]（フィリップス；米国）を使用してフェイスマスクを介して、MI-E

表 1 患者背景

群	M 群	C 群	危険率
症例数 (人)	11	10	
年齢 (歳)	69 (54, 81)	69 (54, 81)	0.86
身長 (cm)	163 (157, 165)	162 (158, 165)	0.89
体重 (kg)	55 (50, 66)	62 (55, 70)	0.19
BMI	22.5 (19.8, 24.3)	24.2 (20.0, 26.0)	0.45
男性数 (人)	9/11	9/10	0.99
頸髄損傷レベル	5 (4, 5)	5 (4, 6)	0.89
Frankel A の頻度 (人)	3/11	5/10	0.39
手術症例数 (人)	8/11	5/10	0.39
原因 (人)	転倒：4	転倒：4	
	転落：4	転落：3	
	打撲：2	交通事故：2	
	感染：1	打撲：1	

中央値 (4 分位範囲)

M 群：Mechanical insufflation-exsufflation 群, C 群：コントロール群, BMI：体型指数 (body mass index)

表 2 臨床的評価項目

群	M 群	C 群	危険率
症例数	11	10	
気管挿管数 (人)	8/11	8/10	0.99
抜管までの人工呼吸日数 (日)	5 (4, 10)	5 (2, 16)	0.79
再挿管数 (人)	2/11	7/10	0.03
気管切開数 (人)	2/11	7/10	0.03
全人工呼吸日数 (日)	7 (4, 13)	51 (2, 82)	0.31
ICU 滞在日数 (日)	21 (11, 27)	19 (10, 30)	0.80
在院日数 (日)	71 (59, 74)	67 (53, 110)	0.80
死亡退院数 (人)	0/11	3/10	0.09

中央値 (4 分位範囲)

M 群：Mechanical insufflation-exsufflation 群, C 群：コントロール群

を吸気圧 20cmH₂O また呼気圧 -20cmH₂O, 2:2 秒で 5 回行った⁶⁾。各サイクル間の停止時間を 2 秒と設定した。この作業を一日 4 回行った。C 群ではそれ以外同様の管理を行った。再挿管が必要になった患者には、再挿管し、気管切開を行った。気管切開の頻度をこの研究の主要評価項目とした。

結果は中央値 (4 分位範囲) であらわした。統計処理は Mann-Whitney U 検定または Fisher の直接確率法を使用した。危険率 5% 未満を有意とした。

結 果

表 1 に示すように患者背景に有意差はなかった。

表 2 に示すように、挿管された患者の頻度、および挿管された患者の人工呼吸管理日数に有意差はなかった。再挿管率は M 群で有意に少なく、従って気管切開の頻度も M 群で有意に少なかった。全人工呼吸管理日数、ICU

滞在日数、在院日数、死亡退院の頻度は両群間に有意差はなかった。死亡退院は C 群でのみ発生し、死因としては、肺炎が 2 人、小腸穿孔による敗血症性ショックが 1 人であった。

考 察

急性頸髄損傷患者においては呼吸筋力低下によって咳嗽力が低下し、分泌物が貯留しやすい³⁾。咳嗽力は咳の最大流量 (CPF: cough peak flow) によって評価されるが、急性頸髄損傷患者では低下している。神経筋疾患患者において CPF160L・min⁻¹ 未満で機能的な咳嗽がない状態であり、MI-E の適応であると思われる。MI-E によって CPF の改善が示されている⁶⁾。今回はマスクを介したカフアシスト[®]の使用であり、リークも存在するため、正確な CPF の評価は困難であり、CPF の測定は行わなかった。

急性頸髄損傷患者の呼吸機能障害はその予後に大きく影響する。呼吸不全の病態生理は横隔膜の運動障害、呼吸補助筋の筋力低下、咳嗽の障害、肺サーファクタントの産生の減少、副交感神経優位となるための、分泌物の増加や気管支痙攣などによる多数の因子の関連が考えられている⁷⁾。一番の規定因子は頸髄損傷のレベル(横隔神経はC3~5神経根由来なため)と損傷の程度である。よって脱臼を伴う急性頸髄損傷では、速やかに整復を行うことが脊髄圧迫解除による二次損傷を軽減し麻痺の改善につながると考えられており³⁾、当院では可能な限り早期に整復を行っている。

MI-Eは陽圧換気によって一回換気量を増加させ、肺リクルートメントを行い、その後急激に陰圧換気に変えることによって呼気流量を増加させ、喀痰の移動を改善し、咳嗽を誘発する⁸⁾。海外では集中治療領域でも研究が行われ、再挿管率の減少、湿性痰重量の減少、呼吸力学の改善などが報告されている⁸⁾。また挿管チューブの抜管率の増加や人工呼吸期間の短縮などが報告されている⁹⁾。MI-Eは日本では保険適応の問題があり、集中治療領域ではそれほど使用されていないが、海外でも集中治療領域での、使用には障壁があり、一番の障壁は知識と技術の欠如であるとされている⁸⁾。MI-Eの使用に伴う合併症は珍しいとされているが、研究の数や参加人数が少なく、その有害性を決定することは困難であると報告されている⁹⁾。酸素飽和度の低下、循環動態の変動、再挿管、気胸、粘液栓化、血痰、胸痛などが報告されており⁸⁾、注意が必要である。

MI-Eの禁忌は肺気腫、気胸、縦郭気腫、最近の胸部外傷、不安定な循環動態とされており、要注意は気胸の既往、最近の肺手術の既往、循環不全、急性の腹部膨満、患者の協力が得られない場合、肺のエアリークとされている⁶⁾。

設定の方法は北米では吸気圧+40cmH₂O、呼気圧-40cmH₂Oに設定するのが一般的であるが、北欧では個人にあわせて、徐々に圧を増加させる方法が一般的である。我々はこの方法に準じて圧設定を、Chatwin等⁶⁾の報告の初期設定である吸気圧+20cmH₂O、呼気圧-20cmH₂Oと設定した。圧を増加させると患者の不快感が増すため、注意が必要であり、何よりも患者に声掛けしながら、タイミングを合わせる事が重要であると考えられる⁶⁾。我々はMI-Eの使用は初めてであったため、この初期設定で使用した。

本研究の限界としては、後ろ向き研究であり症例数が少ないため、有意差はなかったが患者背景に両群間に差がある可能性は否定できないこと、本研究期間中はカフアシスト[®]の使用の有無以外に治療方針に差はなかったが、時期による患者管理方法の違いがあることも否定で

きないことなどがあげられる。

結 語

この後ろ向き研究によって、mechanical insufflation-exsufflationは急性頸髄損傷患者において気管切開率を低下させる可能性が示唆された。しかしながら本研究は単施設の後ろ向き研究であり、その症例数も少ないことから、その有効性を決定するためには、多施設ランダム化比較試験などの更なる研究が必要である。

本論文の要旨は第51回日本集中治療医学会学術集会(2024年、札幌市)、The 2nd Joint Scientific Congress of JSICM/KSICM/TSCCM/TSECCM(2023年、台北市)で発表した。

【COI開示】本論文に関して開示すべきCOI状態はない

文 献

- 1) 斗野敦士, 大森祐介: 胸部外傷に対して mechanical insufflation-exsufflation を用いて排痰管理を行った1例. 日集中医誌 27 (2): 123—124, 2020.
- 2) Gonçalves MR, Honrado T, Winck JC, et al: Effects of mechanical insufflation-exsufflation in preventing respiratory failure after extubation: a randomized controlled trial. Crit Care 16: R48, 2012.
- 3) 斗野敦士: 頸髄損傷に対して緊急手術を施行し再生医療のために転院した1例. 日救急医会誌 32 (3): 144—148, 2021.
- 4) 大塚将秀: 人工呼吸のウィーニングススムーズで安全な呼吸管理を目指して一. 日臨麻会誌 35 (1): 106—111, 2015.
- 5) 大塚将秀: 成人における気管チューブの抜管基準. 日集中医誌 19 (3): 340—345, 2012.
- 6) Chatwin M, Wakeman RH: Mechanical insufflation-exsufflation: considerations for improving clinical practice. J Clin Med 12: 2626, 2023.
- 7) Zakrasek EC, Nielson JL, Kosarchuk JJ, et al: Pulmonary outcomes following specialized respiratory management for acute cervical spinal cord injury: A retrospective analysis. Spinal Cord 55 (6): 559—565, 2017.
- 8) Swingwood EL, Stilma W, Tume LN, et al: The use of mechanical insufflation-exsufflation in invasively ventilated critically ill adults. Respir Care 67 (8): 1043—1057, 2022.
- 9) Rose L, Adhikari NKJ, Leasa D, et al: Cough augmentation techniques for extubation or weaning critically ill patients from mechanical ventilation. Cochrane Database of Systemic Reviews 1: Art. No: CD011833, 2017.

別刷請求先 〒857-0134 長崎県佐世保市瀬戸越2-12-5
長崎労災病院麻酔科
寺尾 嘉彰

Reprint request:

Yoshiaki Terao
Department of Anesthesia, Nagasaki Rosai Hospital, 2-12-5, Setogoe, Sasebo, Nagasaki, 857-8501, Japan

Effects of Mechanical Insufflation-exsufflation in Avoiding Tracheostomy for Acute Cervical Spinal Cord Injury

Yoshiaki Terao¹⁾²⁾, Koji Yoshida²⁾ and Makito Oji¹⁾

¹⁾Department of Anesthesia, Nagasaki Rosai Hospital

²⁾Division of Medical Engineering, Nagasaki Rosai Hospital

Purpose: This retrospective study aimed to assess the efficacy of mechanical insufflation-exsufflation (MI-E) in avoiding tracheostomy in patients with acute cervical spinal cord injury (ACSCI).

Methods: This study assessed total 21 patients with ACSCI with Frankel Grade A or B from March 2016 to April 2019 (pre-MI-E period) and May 2019 to June 2023 (post-MI-E period). Group C comprised 10 patients receiving conventional therapy in the pre-MI-E period, and Group M comprised 11 patients receiving conventional therapy combined with MI-E in the post-MI-E period. Patients were intubated during respiratory insufficiency or general anesthesia if needed. Patients were extubated when possible or re-intubated if needed. Tracheostomy was performed after re-intubation, while MI-E was conducted for patients not requiring intubation and those extubated.

Results: The tracheostomy frequency was higher in Group C than in Group M.

Conclusions: MI-E may effectively prevent the need for tracheostomy in ACSCI cases.

(JJOMT, 73: 73—76, 2025)

—Key words—

mechanical insufflation-exsufflation, acute cervical spinal cord injury, tracheostomy