

●呼吸管理の工夫●

器械的排痰補助を用いて無気肺が改善した高位頸髄損傷患者の一例

堅田紘頌¹⁾・横山仁志¹⁾・平 泰彦²⁾

キーワード：高位頸髄損傷患者，無気肺，器械的排痰補助

要 旨

症例は、転落外傷により入院となった第5頸髄損傷完全四肢麻痺を呈する50歳代の男性。入院後、呼吸筋力と嚥下機能の低下による気道クリアランス不良と不安定な酸素化のため人工呼吸管理となった。その後、気管切開術を施行し、人工呼吸離脱となったが、右下葉の閉塞性無気肺を併発した。入院後から継続していた気道クリアランス法を中心とした呼吸リハビリテーション（呼吸リハ）の介入頻度を増加させたが、改善には至らなかった。しかし、器械的排痰補助（mechanical insufflation-exsufflation：MI-E）を導入することによって、無気肺の改善が得られた。気道クリアランスが低下した急性期高位頸髄損傷患者に対してMI-Eの併用が治療選択肢の1つとなることが示唆された。

I. はじめに

脊髄損傷では、損傷レベル、損傷の程度によって呼吸筋の麻痺が起こる。横隔膜を中心とした吸気筋は、第5頸髄節以上の脊髄損傷で麻痺が発生し、換気不全を呈する。さらに、頸髄損傷例では、有効な咳嗽時に働く、腹筋群や肋間筋の麻痺も併発しているため、気道クリアランスの低下を生じ、無気肺や肺炎を原因とする酸素化不全を呈することを臨床上しばしば経験する。これらの呼吸器合併症の併発は、頸髄損傷例の主要な死亡原因の一つであり¹⁾、入院期間や入院コストの増加と関連がある²⁾。これらに対し、気道分泌物が増加し、状態が不安定な急性期から気道クリアランスの改善を中心とした呼吸リハビリテーション（呼吸リハ；体位排痰法、排痰・咳嗽介助、気管内吸引）の介入がなされる。気道クリアランス法は、気道分泌物を除去し、肺の換気と酸素化を改善させ、呼吸器合併症を予防・治療するものであり、その方法は、咳嗽や強

制呼出手技、体位排痰法などと多岐にわたる。頸髄損傷例においては、頸部の安静を維持しながら病態や残存機能を考慮し、それらの手技を組み合わせる実施することが一般的である。

近年、気道クリアランス法としての器械的排痰補助（mechanical insufflation-exsufflation：MI-E）が注目され、従来の方法に加えて、臨床で活用されつつある³⁾。MI-Eは、咳による気道クリアランスを代用する唯一の方法であり、フェイスマスクや人工気道を介して吸気圧（陽圧0～70cmH₂O）による深呼吸と呼気圧（陰圧0～-70cmH₂O）による咳嗽を器械的に作り出し、気道クリアランスの改善を図る方法（Fig.1）であり、呼吸筋力が低下した神経筋疾患への有効性が明らかにされている⁴⁾。しかしながら、他疾患への適応や効果については明らかにされていない。呼吸筋力の低下が主たる原因で呼吸器合併症を起こす高位頸髄損傷例においても同様の効果が期待できる。脊髄損傷患者に対するMI-Eの導入は、患者・医療者ともに高い満足度が得られることが明らかにされており⁵⁾、全身状態が安定した慢性期外来脊髄損傷患者を対象としたMI-Eの介入が再入院率を低下させる可能性があることが報告さ

1) 聖マリアンナ医科大学病院 リハビリテーション部

2) 聖マリアンナ医科大学 救急医学

[受付日：2015年8月4日 採択日：2016年1月7日]

れている⁶⁾。さらに、急性期脊髄損傷患者へのMI-Eの介入が一秒量や努力性肺活量、最大呼気流量を増加させることやMI-Eとhigh tidal volume ventilation、high frequency percussive ventilationの複合的な介入が急性呼吸不全の発症を予防する可能性があるとも報告されており^{7,8)}、その適応と有効性が示されつつある。今



Fig.1 MI-E (Cough Assist E70 : Philips Respironics, USA)

回、我々は、呼吸リハとMI-Eの併用が無気肺の改善、人工呼吸器再装着予防に有効であった頸髄損傷患者を経験したので報告する。

Ⅱ. 症 例

50歳代、男性。

既往歴：分節型頸椎後縦靭帯骨化症、高血圧

現病歴：飲酒後に階段から転落。四肢麻痺が出現し当院救命救急センターへ搬送。同日のMRI画像所見にてC2～5椎体前面の血腫と高信号領域を認め第5頸髄損傷の診断となった。

経過 1 (入院～気管切開術の施行：Fig.2)：画像所見にて脊柱管内への圧迫因子や不安定性による脊髄・神経根症状を認めなかったため、保存療法となった。第2日目より、リハビリテーション(リハ)を開始した。意識レベルは、Glasgow coma scale E4V5M6であり、せん妄の併発は認められなかった。循環動態は、徐脈を

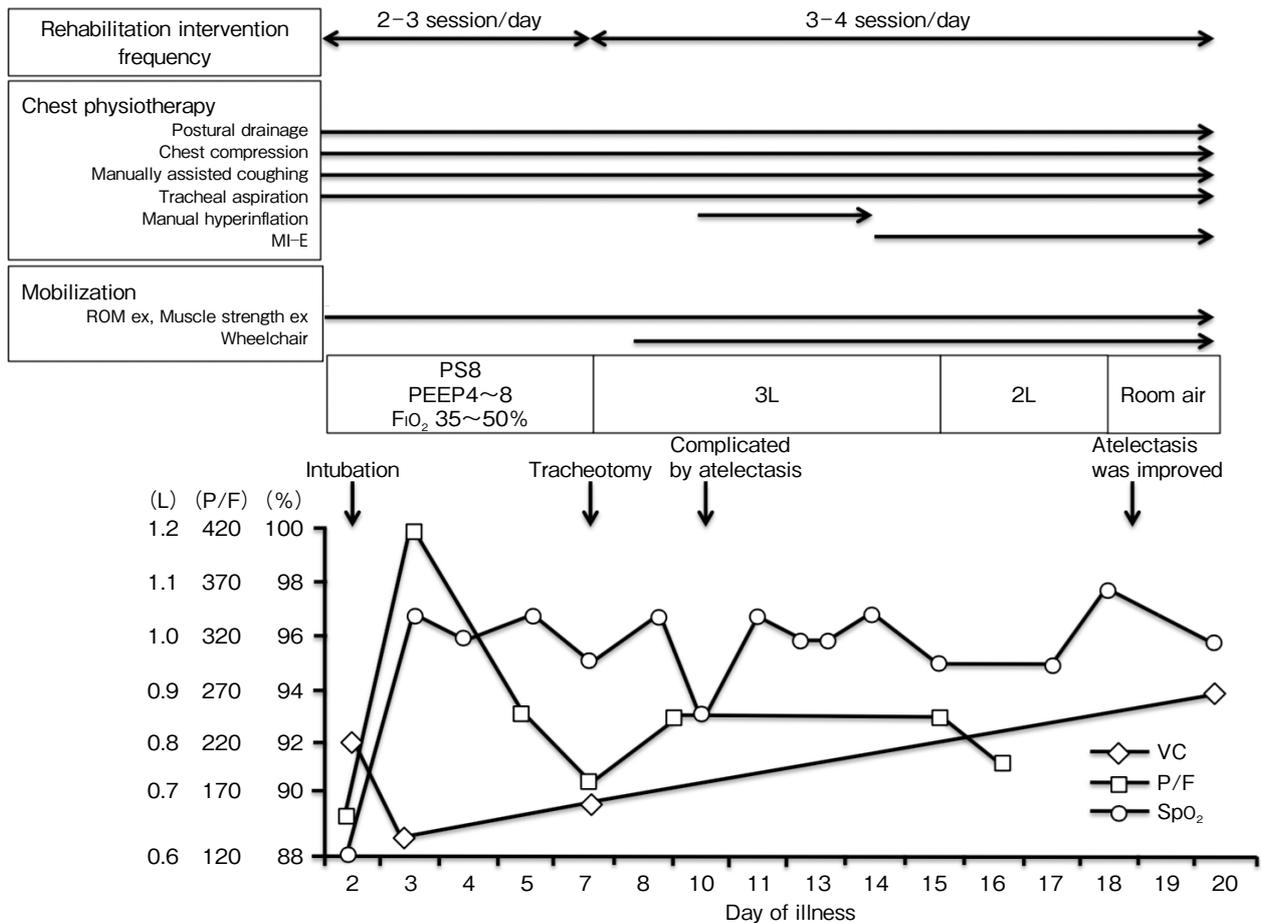


Fig.2 Clinical course

MI-E : mechanical insufflation-exsufflation PS : pressure support VC : vital capacity

呈さなかったが、体動で低血圧を認めたため、ドパミンが投与された。呼吸状態は、鼻カヌラ 3L にて動脈血酸素飽和度 (SpO_2) 88 ~ 98% と変動が大きく、呼吸数 15 回 (シーソー呼吸、左胸郭運動低下)、一回換気量 (tidal volume : V_t) 0.40L、肺活量 (vital capacity : VC) 0.60L、最大吸気圧 (maximal inspiratory pressure : MIP) $-20.0\text{cmH}_2\text{O}$ 、最大呼気圧 (maximal expiratory pressure : MEP) $20.2\text{cmH}_2\text{O}$ と低値であった。四肢の筋力は、第 5 頸髄節以下の筋力が徒手筋力検査 (manual muscle test : MMT) 0 ~ 1 レベルの完全四肢麻痺で重度の感覚障害を呈し、日常生活活動 (activity of daily living : ADL) は全介助であった。受傷後の気道分泌物の増加と呼吸筋麻痺・嚥下機能障害による喀痰困難と呼吸不全により、第 2 病日の夕方に挿管人工呼吸器管理となった。リハ介入後から第 7 病日の期間において MIP $-71.7\text{cmH}_2\text{O}$ 、VC 0.75L へと増加し、呼吸機能の改善を認めたが、嚥下機能障害と喀痰困難が遷延し、長期人工呼吸器管理が見込まれたため、第 7 病日に気管切開術が施行された。この間、関節拘縮予防を目的としたベッド上での関節可動域訓練や気道クリアランスの改善を中心とした呼吸リハを 2 ~ 3 回 / 日の頻度で実施した。

経過 2 (気管切開術後からその後 : Fig.2) : 第 8 病日に人工呼吸器を離脱し、ベッド上安静の指示が解除され、車椅子乗車を追加した。また、循環動態が徐々に安定し、ドパミンの投与も中止となった。しかし、気道分泌物の増加と喀痰困難、嚥下機能障害は改善せず、第 7 病日の胸部画像所見で右下葉の透過性の低下を認め (Fig.3a)、第 10 病日に右中下葉領域の閉塞性無気肺を併発した (Fig.3b)。これに対し、呼吸リハの介入頻度を 3 ~ 4 回 / 日へ増加させ、さらに、吸気時の換

気量を増加させる manual hyperinflation の追加を行った。しかし、気道分泌物の完全な喀出がされず、本症例の疲労度の増加が原因で、短時間で呼吸リハを終了せざる得ない状況が続き、無気肺の改善には至らなかった。このような背景から第 14 病日より吸気相の拡張と呼気相の咳嗽介助機能を有する MI-E を体位排痰法と排痰・咳嗽介助に併用することとした。MI-E の使用機器は、Cough Assist E70 (レスピロニクス、米国) を用いた。その設定は、気道クリアランスを維持するために最低限必要な cough peak flow $160\text{L}/\text{min}$ の呼気流量が得られるとされる吸気圧 $30\text{cmH}_2\text{O}$ 、呼気圧 $-30\text{cmH}_2\text{O}$ ⁹⁾ とし、それぞれの相を 1.5 秒、休止時間を 2 秒間とした。また、吸気・呼気時において、肺ならびに気道に振動を加えるオシレーション機能 (13Hz、8hpa) を付加したものとし、これらを 5 サイクル・3 セッション実施した。そして、循環動態・ SpO_2 値のモニタリングを行いながら実施した (Fig.4)。その結果、



Fig.4 Enforcement scene of the MI-E
MI-E went under combination of the postural drainage and manually assisted coughing.

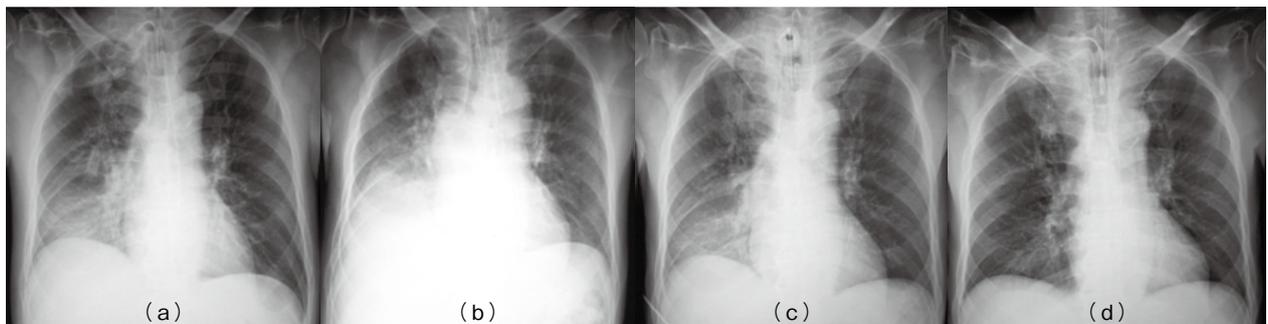


Fig.3 Time course of chest X-rays
(a) day 7 of illness, (b) day 10 of illness, (c) day 17 of illness, and (d) day 20 of illness.

MI-E 実施直後には、毎回、黄色粘稠痰が多量に喀出され、MI-E の併用後の胸部画像所見で無気肺の改善を認めた (Fig. 3c, 3d)。また、実施直後の VC が 0.8 から 1.1L へ上昇し、呼吸困難感の改善も認めた。この間において、気胸や縦隔気腫といった圧障害や低血圧、不整脈等の有害事象を発生させることはなかった。第 20 病日の胸部画像所見で無気肺の再発が認められなかったため、MI-E の実施頻度を漸減し、従来の呼吸リハへ移行したが無気肺の再発や人工呼吸器再装着には至らず、室内気で SpO₂ 95 ~ 97% で経過した。

Ⅲ. 考 察

今回、呼吸リハと MI-E の併用が無気肺の改善、人工呼吸器再装着予防に有効であった頸髄損傷患者を経験した。まず、本症例の人工呼吸管理に難渋した要因について考察する。急性期頸髄損傷患者における呼吸器系の問題点としては、呼吸筋麻痺による換気不全や呼出力の低下、交感神経遮断による気道分泌物の亢進、気管支攣縮、肺水腫があり¹⁰⁾、損傷レベルが高位になるほど呼吸器合併症の発生率が増加する¹¹⁾。急性期高位頸髄損傷患者における呼吸リハや呼吸器ケアは、体位排痰法や用手的な手技等を用いて、気道分泌物を中枢気道に移動させ、咳嗽介助、気管吸引にて除去させることが一般的である。しかし、本症例は、人工呼吸器管理となり、気管切開術後に無気肺を併発し、無気肺の改善に難渋した。頸髄損傷患者においては、ある一定の割合で嚥下機能障害を併発し¹²⁾、それに伴う肺炎の合併率が増加することが明らかになっている¹³⁾。本症例においては、頸髄損傷による呼吸筋麻痺により、自己排痰に必要な呼吸筋力と VC¹⁴⁾ の水準を下回っていたことに加えて嚥下機能障害を併発していたことが人工呼吸管理に難渋した要因として考えられた。また、このような障害が基盤となり、人工呼吸離脱後に閉塞性無気肺を併発したものと考えられた。

次に、従来の呼吸リハに MI-E を併用した結果、無気肺が改善した要因について考察する。通常、第 6 頸髄節以下の損傷では、呼吸筋の麻痺を呈し、咳嗽時の強い呼気流量を作れなくなり、気道クリアランスが低下する。本症例においても、典型的な呼吸筋力の低下を呈する頸髄損傷患者であり、MI-E が深い吸気後に呼出する咳嗽の代用を器械的に行ったことが無気肺の改善した要因と推察された。これに対し、manual

hyperinflation の追加後に無気肺が改善しなかった要因として、manual hyperinflation は、深い吸気を作り出し、閉塞性病変を開通させる手法であり、吸気相のみしか代用していなかったためと推察された。また、気胸や低血圧等の有害事象を発生させることなく MI-E 実施直後には、黄色粘稠痰が多量に喀出され、VC の上昇、呼吸困難感の改善も認めた。これらのことは、呼吸リハに MI-E を併用することで介入時間を短縮させ体力の低下した対象者の身体的・精神的負担を軽減させる効果もあることが推測された。

最後に、MI-E の使用頻度を漸減させ、従来の呼吸リハに移行した後も無気肺の再発や人工呼吸器の再装着には至らなかった要因について考察する。MI-E の使用頻度を漸減できた背景には、超急性期頸髄損傷患者で見られる交感神経遮断による気道分泌物の増加や損傷部の安静保持を目的としたベッド上安静管理が解除されたこと、分割嚥下・異常呼吸音等の嚥下機能障害を示唆する所見が経過とともに改善し、呼吸器合併症を引き起こす要因が消失したためと考えられた。

以上のことより、高位頸髄損傷患者における呼吸リハと MI-E の併用は、受傷後にベッド上安静管理を強いられ、気道分泌物の増加や嚥下機能障害の併発により、呼吸器合併症を発症するリスクの高い超急性期において、無気肺の改善、人工呼吸器の再装着予防により有効であることが示唆された。

Ⅳ. 結 語

超急性期頸髄損傷患者では、呼吸筋力の低下による咳嗽能力の低下に加え、気道分泌物の増加や嚥下機能障害、ベッド上安静管理により、気道クリアランスが低下し、呼吸状態がより不安定となる。本症例を通して、この時期における呼吸リハと MI-E の併用は、無気肺の改善、人工呼吸器の再装着予防のための治療選択肢の 1 つとなることが示唆された。

本稿の全ての著者に規定された COI はない。

参考文献

- 1) Berlyly M, Shem K : Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. J Spinal Cord Med. 2007 ; 30 : 309-18.
- 2) Winslow C, Bode RK, Felton D, et al : Impact of respiratory complications on length of stay and hospital costs in acute cervical spine injury. Chest. 2002 ; 121 : 1548-54.

- 3) 井澤和大, 神津 玲, 山下康次ほか: 排痰法 / 気道クリアランス法. 呼吸理学療法標準手技. 石川 朗ほか編. 東京, 医学書院, 2008, pp40-75.
- 4) Strickland SL, Rubin BK, Drescher GS, et al : AARC clinical practice guideline : Effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospital patients. *Respiratory Care*. 2013 ; 58 : 2187-93.
- 5) Schmitt JK, Stiens S, Trinchler R, et al : Survey of use insufflator-exsufflator in patients with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2007 ; 30 : 127-30.
- 6) Crew JD, Svircev JN, Burns SP : Mechanical insufflation-exsufflation device prescription for outpatients with tetraplegia. *J Spinal Cord Med*. 2010 ; 33 : 128-34.
- 7) Pillastrini P, Bordini S, Bazzocchi G, et al : Study of the effectiveness of bronchial clearance in subjects with upper spinal cord injuries : examination of a rehabilitation programme involving mechanical insufflation and exsufflation. *Spinal Cord*. 2006 ; 44 : 614-6.
- 8) Wong SL, Shem K, Crew J : Specialized respiratory management for acute cervical spinal cord injury : a retrospective analysis. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2012 ; 18 : 283-90.
- 9) Gómez-Merino E, Sancho J, Marin J, et al : Mechanical insufflation-exsufflation : pressure, volume, and flow relationships and the adequacy of the manufacturer's guidelines. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002 ; 81 : 579-83.
- 10) 築山尚司, 氏家良人 : 呼吸理学療法. *EMERGENCY CARE*. 2006 ; 19 : 754-9.
- 11) Jackson AB, Grooms TE : Incidence of respiratory complications following spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994 ; 75 : 270-5.
- 12) Shem K, Castillo K, Wong S, et al : Dysphagia in individual with tetraplegia : incidence and risk factors. *J Spinal Cord Med*. 2011 ; 34 : 85-92.
- 13) Chaw E, Shem K, Castillo K, et al : Dysphagia and associated respiratory considerations in cervical spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2012 ; 18 : 291-9.
- 14) 横山仁志, 武市梨絵, 渡邊陽介ほか : 呼吸機能と自己喀痰能力の関係. *呼吸*. 2013 ; 6 : 560-5.

A case of high spinal cord injury in a patient with atelectasis improved by mechanical insufflation-exsufflation

Hironobu KATATA¹⁾, Hitoshi YOKOYAMA¹⁾, Yasuhiko TAIRA²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation Medicine, St. Marianna University School of Medicine Hospital

²⁾ Department of Emergency & Critical Care Medicine, St. Marianna University School of Medicine

Corresponding author : Hironobu KATATA

Department of Rehabilitation Medicine, St. Marianna University School of
Medicine Hospital

2-1-16 Sugao, Miyamae-ku, Kawasaki, Kanagawa, 216-8511, Japan

Key words : high cervical spinal cord injury, atelectasis, mechanical insufflation-exsufflation

Abstract

The patient was a 50-year-old man who was hospitalized in this hospital with a C5 spinal cord injury sustained during a fall. After admission, airway management was required for unstable oxygenation and poor airway clearance caused by a decreases in respiratory muscle strength and swallowing function. He underwent a tracheotomy, but weaning from the ventilator was complicated by the development of atelectasis of the lower lobe of the right lung. Although sessions of chest physiotherapy were increased, his atelectasis did not improve. However, the addition of mechanical insufflation-exsufflation (MI-E) improved the atelectasis. This case may suggest that MI-E is a useful option to improve atelectasis in patients with acute high cervical cord injury.