

症例報告

胸部損傷後の無気肺に対する Manual Hyperinflationの効果

柳澤幸夫^{1) 2)}, 松尾善美³⁾, 春藤久人⁴⁾, 出口憲市¹⁾,
川村圭司¹⁾, 中村武司¹⁾, 片川雅友⁵⁾, 堀内宣昭⁶⁾

- 1) 健康保険鳴門病院リハビリテーション部
- 2) 神戸学院大学大学院総合リハビリテーション学研究科
- 3) 武庫川女子大学健康運動科学研究所
- 4) 神戸学院大学総合リハビリテーション学部
- 5) 健康保険鳴門病院外科
- 6) 健康保険鳴門病院内科

【要約】 Manual Hyperinflation (MH) は無気肺や痰の排泄などに有効であるが、加圧による圧及び容量損傷や出血などのリスクを伴うことが知られている。今回、無気肺を併発した2例の重度胸部損傷症例に加圧時の圧を確認しながらMHを行い、良好な結果を得た。このMHを使用した治療経験について若干の考察を加え、報告する。

症例1：交通事故にて受傷した57歳男性。左第3－9肋骨骨折、左肺挫傷、左血胸、左腸骨骨折を認めた。受傷後6日目に両側下葉の無気肺を認め、MHを実施した。開始時、両側下葉の呼吸音の消失あり、Bag Valve Maskを使用し、MH実施した。MH実施後に多量の痰を排出し、呼吸音が改善し、無気肺が改善した。

症例2：トラックから転落し受傷した59歳男性。脳挫傷、肺挫傷、左血気胸、左第2－8肋骨骨折を認めた。受傷後5日目に左下葉無気肺を認め、改善目的にMHを実施した。開始時、左下葉の呼吸音の消失があり、MHを実施して徐々に無気肺が改善した。

今回、加圧時の圧変動を確認しながらMHを実施することで、圧損傷や出血などを惹起せず、無気肺を改善することができた。類似した症例においては、圧のモニターや圧の制限付Bagの使用ならびにMH実施後の観察を行うことで、より安全にMHを臨床現場で実施できると考えられた。

キーワード：胸部損傷、無気肺、徒手の過膨張

I はじめに

Manual Hyperinflation (徒手の過膨張：以下；MH) とは、1968年に理学療法士のClementら [1] によって報告されている。このMHは蘇生バックやジャクソンリース回路などを用いて徒手的に加圧を行い、より大きな一回換気量で肺を拡張させる手技のことを言う。MHによる効果としては、

分泌物の排出促進や無気肺の改善、酸素化の改善など [2] [3] があり、海外では臨床において有用な治療方法の一つとして使用されている。しかし、MHは加圧によって、より大きな換気を行うために圧損傷の危険を伴うこと [4]、また血圧変動や心拍数の低下などの循環動態への影響 [5] などが指摘されている。

今回、われわれは胸部損傷後に無気肺を併発し

た2例に、無気肺の治療や痰喀出促進を目的に Bag valve mask (以下, BVM; Laerdal社製) を用いて加圧時の圧を観察しながらMHを試み、加圧による合併症を併発することなく、無気肺が改善した症例を経験したので報告する。

Ⅱ 対象

A 症例1

57歳, 男性.

診断名: 左第3 - 9肋骨骨折, 左肺挫傷, 左血胸, 左腸骨骨折

現病歴: 交通事故にて受傷. 受傷後6日目に両側下葉に無気肺の残存を認め、無気肺の改善目的にて呼吸リハビリテーションの処方となる。

リハビリテーション開始時所見: 意識清明. 体温36.9℃, 安静時血圧120/65mmHg, 心拍数76回/分, 呼吸数18回/分, 呼吸困難感はModified Borg's Scaleにて4, SpO₂は早朝より徐々に低下しており, 90% (室内酸素吸入下) であった. 聴診では両側下葉の呼吸音が消失しており, 胸部X線画像では両側下葉の無気肺を認めた. 胸壁運動については, 超音波を用いて胸壁運動を測定できるRespiratory Movement Measuring Instrument (以下, RMMI; ReMo社製) を用いて計測した (図1). 計測位置は, Ragnarsdottirら [6] の方法に

準じて左右鎖骨内側1/3の第2, 第7肋骨の位置に設定した. 最大吸気位から最大呼気位の胸壁運動では, 右第2, 右第7, 左第2, 左第7肋骨の順に17.11mm, 12.72mm, 12.72mm, 8.4mmと多発肋骨骨折を認める左優位の胸壁運動低下を認めた. 胸郭動揺は認めない.

B 症例2

59歳, 男性.

診断名: 脳挫傷, 肺挫傷, 左血気胸, 左第2 - 8肋骨骨折

現病歴: トラックから転落し受傷. 受傷後5日目に左下葉に無気肺を認め、無気肺の改善目的にて呼吸リハビリテーションの処方となる。

リハビリテーション開始時所見: 意識JCS I - 3. 指示入力困難. 体温36.6℃, 安静時血圧154/83mmHg, 心拍数63回/分, 呼吸数16回/分, SpO₂は94% (室内酸素吸入下) であった. 聴診では左下葉の呼吸音が消失し, 胸部X線画像では左下葉の無気肺があり, 受傷時に認めた軽度の気胸は消失していた. 胸壁運動はRMMIを用いて計測し, 右第2, 右第7, 左第2, 左第7肋骨の順に6.19mm, 8.76mm, 3.52mm, 3.8mmと多発肋骨骨折を認める左優位の胸壁運動低下を認めた. 胸郭動揺は認めない.

Ⅲ 方法

方法として, MHで使用する器具は症例1及び症例2ともに室内酸素吸入下で管理されているため, 自己拡張式のBVMを選択した. 症例1では, 意識が清明で理学療法士の指示入力が良好であったため, BVMにマウスピースを装着し, 患者自身でマウスピースを咥えてもらい, MHを行った (図2). 症例2は, 軽度の意識障害もあり, 自らマウスピースを咥えることができないことから, face maskを使用し, 他の理学療法士の介助のもとMH



図1 RMMIを用いた胸壁運動測定 (RMMI; Respiratory Movement Measuring Instrument)



図2 症例1へのManual Hyperinflation実施

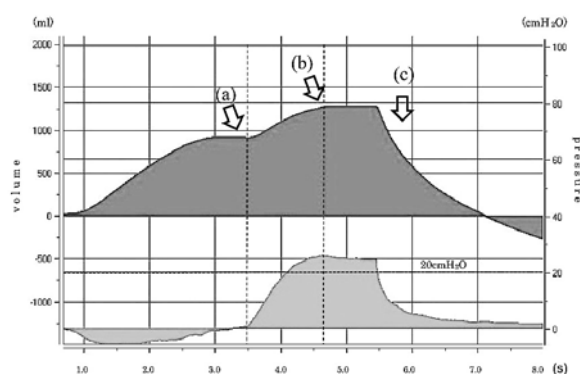


図3 Manual hyperinflation時の吸気量と圧の変動

を行った.MHの際には加圧時の圧力をpressure manometerであるFlow Analyser™ (IMT Medical社製, PF-300)を用いて確認し,過度の加圧に注意しながらMHを実施した.

また, MHの基本的な手順は, 患者の吸気相の終末 (図3-a) でゆっくりとした深い吸気補助 (加圧) を行い, そのまま高い吸気位を保持 (図3-b) し, その後に圧を一気に開放 (図3-c) してより強い呼出を促した. 気胸および出血などの合併症を考慮し, MH実施後には内科医, 外科医が即時対応できる体制を整えた.

IV 結果

症例1は, MH実施直後に多量の喀痰排出し, 聴診において両側下葉の呼吸音が改善した. 呼吸困難感はModified Borg's Scale 4から0となっ

た. 酸素化においては, MH実施直後に SpO_2 が90%から94%に上昇した. その後, 翌朝までの看護記録を確認しても低下することなく, 順調に推移し SpO_2 は97%まで回復した (図4). MH実施の翌日に胸部画像を撮影してMH実施前 (図5) とMH実施後 (図6) を比較し, 両側下葉に無気肺の消失を確認した.

症例2ではMH実施直後, 中等度の喀痰排出し, 聴診では左下葉の呼吸音が改善, SpO_2 は94%から97%へ上昇した. MH実施前 (図7) とMH実施後 (図8) を比較し, 8日目には無気肺は改善した. MH実施後, 血液データから出血の増悪は

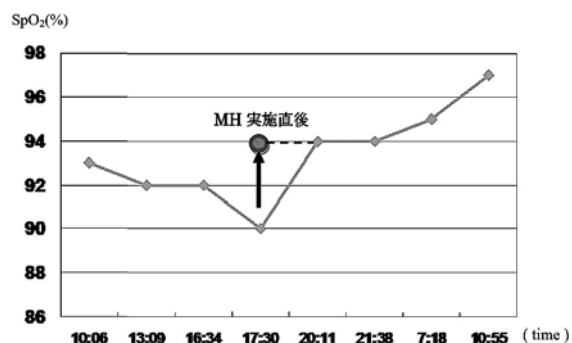
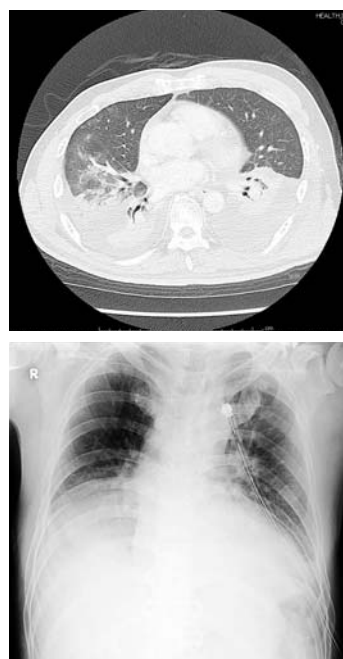
図4 症例1のManual Hyperinflation後の SpO_2 回復推移

図5 症例1のManual Hyperinflation前の胸部CTおよび胸部単純写真



図6 症例1のManual Hyperinflation後翌日の胸部単純写真



図7 症例2のManual Hyperinflation前の胸部CT画像(上)および胸部単純写真(下)



図8 症例2のManual Hyperinflation後8日目の胸部単純写真

	受療日	1日目	2日目	3日目	5日目 MH開始	12日目	29日目
CRP (mg/dl)	0.02	6.36	11.28	11.39	9.35	5.13	0.08
WBC (/μL)	14100	20500	19700	16400	14600	15700	9300
Hb (g/dl)	14.5	12.7	11.7	11.8	12.9	13.9	14.5
HCT (%)	43.2	37.7	34.0	35.2	37.3	38.5	42.2

図9 症例2のManual Hyperinflation実施前後の血液データ推移

認めなかった(図9)。症例1, 症例2ともにMH実施中, 実施後に著明な血圧変動は認めなかった。

V 考察

今回, 肺挫傷や血胸, 多発肋骨骨折などの胸部損傷後に無気肺を呈した2症例にMHを実施し, 圧損傷や出血の増悪などの合併症を併発することなく, 無気肺が治癒できた。この2症例に実施したMHは, 諸外国では分泌物の排泄目的の気道クリアランス手技[3]として多用され, 他の効果としては無気肺の改善[7][8]やガス交換の改善[9], 肺のコンプライアンスの改善[3]などが挙げられている。しかし, MHの不適切な使用が圧損傷などの合併症を引き起こすこと[4]やMH実施には術者の経験によるテクニックが結果に影響を及ぼす可能性[10][11][12]も報告されており, MHの実施には注意が必要である。

まず, 圧損傷の発生についてはPetersenらによると気道内圧が70cmH₂O以上の管理が必要であった患者では圧損傷の発生率が43%, 50~70cmH₂Oでの管理が必要であった患者では8%, 50cmH₂O以下の管理では圧損傷は発生しなかった[13]と報告しており, MH実施の際の高い気道内圧は避けなければならない。また, MaxwellらはTest Lungを用いてMHでの加圧によって加える空気量を段階的に3つに分け, 気道内圧などとの関係について調べ, MHによって加える空気量が増加するほど, 気道内圧が段階的に増加すること[14]を明らかにしており, MH実施時には肺内に挿入する量と気道内圧への影響についても考慮しておく必要がある。MH実施にて肺の過膨張を得るために必要な気道内圧については, Windsorらによって20~40cmH₂Oと報告[15]されており, その範囲内で実施することが圧損傷などの合併症の予防のためには重要であるとしている。

さらに, 加圧による合併症を予防するためには

加圧の正確性が必要である。Redfernらは、理学療学科の学生に対し、pressure manometerを用いてMH実施時にフィードバックしながらトレーニングすることにより、正確性が向上した [16] と報告した。また、DenehyらもBVMなどの加圧器具の回路内にpressure manometerを組み込めば、MHのテクニックの安全性と有効性を高める可能性がある [6] と述べている。これらの方法にて事前にMHのトレーニングを行うこともスキルアップにつながる。また、最近では35cmH₂Oや40cmH₂Oでバルブが開放する圧制限バルブも販売されており、回路に組み込むことや新規購入時には圧制限バルブ付のBVMを選択するとより安全と考えられる。

本症例におけるMHの実施については肺挫傷や血胸などを認めていたために、加圧によるリスクがあった。そのため、これらのリスクを考慮し、pressure manometerを用いて気道内圧を確認しながらMHを実施した。また、加圧後には自覚症状の変化、血圧、呼吸音の聴取、SpO₂測定などの状態観察を行いながら効果を確認した。さらにMH終了後も病棟看護師と連携して定期的に合併症の有無などの状態観察に努めた。結果、出血による増悪や気胸を併発することなく、無気肺が治療できた。したがって、本症例に類似したケースであれば、MHを実施する際にpressure manometerを使用すれば安全に実施でき、リスク管理の一つとして有用と考えられた。

最後に、MHは呼吸ケア領域において理学療法士が行う手技としては有用な手技である。一般的なMHの効果機序は、初期のゆっくりとした吸気補助が一回換気量を増大し、critical opening pressureを発生させ、その後の吸気ポーズは末梢肺拡張に効果的に作用し、最後のBVMの圧を解放する時の急速な呼気は気管支分泌物のクリアランス機能を向上させる。MHの効果は無気肺の部位に対する再拡張のみならず、肺胞虚脱の予防、酸素

化の改善、肺のコンプライアンスの改善、中枢気道への痰の誘導が得られるため、臨床でこれらの効果を必要とする患者は多く存在していると考えられる。しかし、前述した種々の効果が得られるものの、本邦においては一部の施設では臨床活用されているが、まだ多くの施設では普及されていない。MHの治療手技に関しては今後、医療スタッフの事前トレーニングを含めたスキルの向上や他職種の連携を行うことで、さらなる臨床での活用が期待される。

【文献】

- 1) Clement,AJ., Hübsch,SK.: Chest physiotherapy by the 'bag squeezing' method: a guide to technique. *Physiotherapy* 1968; 54(10): 355-359.
- 2) Jones,A., Hutchinson,R., Oh,T.: Chest physiotherapy practice in intensive care units in Australia, the UK and Hong Kong. *Physiotherapy Theory Pract* 1992; 8: 39-47.
- 3) Denehy L.:The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J* 1999; 14(4): 958-965.
- 4) Clarke.RC., Kelly,BE., Convery,PN., et al.: Ventilatory characteristics in mechanically ventilated patients during manual hyperventilation for chest physiotherapy. *Anaesthesia* 1999; 54(10): 936-940.
- 5) Anning,L., Paratz,J., Wong,WP., et al.: Effect of manual hyperinflation on haemodynamics in an animal model. *Physiother Res Int* 2003; 8(3): 155-163.
- 6) Raagnarsdottir,M., Kristjansdottir,A., Ingvarðottir, I.,et al: Short-term changes in pulmonary function and respiratory movements after cardiac surgery via median sternotomy, *Scand Cardiovasc J* 2004; 38(1): 46-52.
- 7) Rothen HU, Sporre B, Enberg G, et al.: Re-expansion of atelectasis during general anaesthesia: A computed tomography study. *Br J Anaesth* 1993; 71: 788-795.
- 8) Rothen HU, Sporre B, Enberg G, et al.: Reexpan-

- sion of atelectasis during general anaesthesia may have a prolonged effect. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995 ; 39(1) : 118–125.
- 9) Tweed WA, Phua WT, Chong KY, et al. : Tidal volume, lung hyperinflation and arterial oxygenation during general anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 1993 ; 21(6) : 806–810.
- 10) McCarren B, Chow CM. Manual hyperinflation : a description of the technique. *Aust J Physiother* 1996 ; 42(3) : 203–208.
- 11) Paulus F, Binnekade JM, Middelhoek P, et al. : Manual hyperinflation of intubated and mechanically ventilated patients in Dutch intensive care units– a survey into current practice and knowledge. *Intensive Crit Care Nurs* 2009 ; 25(4) : 199–207.
- 12) Paulus F, Binnekade JM, Middelhoek P, et al. : Performance of manual hyperinflation : a skills lab study among trained intensive care unit nurses. *Med Sci Monit* 2009, 15(8) : 418–422.
- 13) Petersen GW, Baier H. : Incidence of pulmonary barotrauma in a medical ICU. *Crit Care Med* 1983 ; 11(2) : 67–69.
- 14) Maxwell L, Ellis ER. : The effects of three manual hyperinflation techniques on pattern of ventilation in a test lung model. *Anaesth Intensive Care* 2002 ; 30(3) : 283–288.
- 15) Windsor HM, Harrison GA, Nicholson TJ. : “Bag squeezing” : a physiotherapeutic technique. *Med J Aust* 1972 ; 2(15) : 829–832.
- 16) Redfern J, Ellis E, Holmes W. : The use of a pressure manometer enhances student physiotherapists’ performance during manual hyperinflation. *Aust J Physiother* 2001 ; 47(2) : 121–131.

Efficacy of manual hyperinflation for atelectasis following chest injury :

A report of two cases

**Yukio Yanagisawa PT, MS ¹⁾²⁾, Yoshimi Matsuo PT, PhD ³⁾,
Hisato Shuntoh MD, PhD ⁴⁾, Kenichi Deguchi PT, MS ¹⁾,
Keiji Kawamura PT ¹⁾, Takeshi Nakamura PT ¹⁾,
Masatomo Katakawa MD ⁵⁾, Noriaki Horiuchi MD, PhD⁶⁾**

1) Department of Rehabilitation, Health Insurance Naruto Hospital

2) Graduate School of Rehabilitation, Kobe Gakuin University

3) Research Institute for Health and Exercise Science, Mukogawa Women's University

4) Faculty of Rehabilitation, Kobe Gakuin University

5) Department of Surgery, Health Insurance Naruto Hospital

6) Department of Internal Medicine, Health Insurance Naruto Hospital

Although manual hyperinflation (MH) is available for treating atelectasis and clearing sputum, this technique is often associated with harmful risks, such as barotrauma, volutrauma, and bleeding. Two patients who developed atelectasis following severe chest injury were treated successfully applying MH with an airway pressure monitor.

Case 1 : A 57-year-old man suffered the three to ninth rib fractures as well as pulmonary contusion, hemothorax, and fracture to the ilium, on the left side from a traffic accident. He developed an atelectasis in his bilateral lower lobes on the sixth post-injury day, and was undergone MH. However his respiratory sounds disappeared initially at both lobes, we resumed it with a bag valve mask. He immediately discharged a large amount of sputum, and his respiratory sounds were improved clearly.

Case2 : A 59-year-old man fell from a truck and suffered cerebral and pulmonary contusions, left pneumothorax, and the second to eighth rib fractures. He developed an atelectasis in his the left lower lobes on the fifth post-injury day, and was undergone MH. His atelectasis gradually was improved after MH.

In both cases, atelectases were improved without a barotrauma or bleeding because we performed MH while monitoring pressure changes. It suggests that MH can be performed safely in similar clinical cases with the use of a proper pressure monitoring system, followed by careful clinical observation after MH.

Key Words : chest injury, atelectasis, manual hyperinflation