

● 総 説 ●

急性呼吸不全に対する呼吸理学療法

神津 玲^{1,2)}・花田匡利²⁾・及川真人^{1,2)}・名倉弘樹²⁾
 俵 祐一²⁾・松本周平³⁾・東島 潮³⁾・関野元裕³⁾

キーワード：急性呼吸不全，人工呼吸管理，理学療法，体位管理

要 旨

呼吸理学療法とは呼吸障害の予防と治療を目的に、呼吸機能へ直接的に働きかける理学療法的手段である。急性呼吸不全では肺容量の増大、肺内換気と血流分布の適正化、ならびに貯留分泌物の排出によって酸素化改善や呼吸仕事量軽減を図ることで、呼吸状態の早期改善に寄与することを目指す。適応となる病態は肺容量減少、大量の気道分泌物貯留、無気肺であり、体位管理、気道クリアランス手技が主要な手技となる。しかし、呼吸理学療法単独または、いくつかの手技の組み合わせが患者アウトカムに及ぼす影響についての成績は一定していない。

昨今、急性呼吸不全患者の予後の改善に伴って深刻な運動機能障害の合併が問題となっており、理学療法では early mobilization（早期離床と運動療法：EM）の適用によって長期機能予後の改善が得られている。呼吸理学療法には、より早期からの円滑かつ安全な EM の開始に向けた支持的な役割が求められていることを示唆している。

はじめに

呼吸理学療法（respiratory physiotherapy）とは、呼吸機能に直接的に働きかける理学療法的手段を意味し、呼吸障害の予防（新規発症あるいは増悪）と治療のために適用される¹⁾。対象となる呼吸障害は慢性安定期から急性期、小児から成人まで多岐にわたる。急性呼吸不全においては、肺容量の増大、肺内換気と血流分布の適正化、ならびに貯留する気道分泌物の移動と排出によって酸素化の改善や呼吸仕事量の軽減を図ることを主たる目的とし、呼吸状態の安定化と早期改善に寄与することを目指している。

昨今、急性呼吸不全を管理する急性期医療の現場では、高齢者と重症患者の増加に伴って早期リハビリテーションの必要性が重要視されており、その一翼を担う理学療法への役割にも大きな変革が求められた。その

結果、呼吸理学療法の位置づけと意義も変化している。ここでは、人工呼吸管理を要する成人の急性呼吸不全患者を対象とした呼吸理学療法の今日的意義に基づき、その役割と方法論について論じながら、最近の進歩についても解説したい。

I. 急性呼吸不全の治療・管理における呼吸理学療法の今日的意義

急性呼吸不全を対象とする理学療法の介入ターゲットは、呼吸機能障害と（治療・管理中に合併・発生した）運動機能障害に大別できる（図1）。本領域においては従来、理学療法は「呼吸理学療法」として圧倒的に前者に比重が置かれていた。呼吸理学療法は、安静臥床に起因する呼吸障害がよい適応であり、特に気道分泌物貯留や肺容量減少、急性無気肺、それに伴う酸素化障害がその代表である²⁾。以前から急性期治療において、安静臥床が呼吸機能を含めた身体機能に及ぼす悪影響や弊害が指摘されてはいたが、現実的には全身状態および呼吸障害の治療と管理による救命が優先

1) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 内部障害リハビリテーション学

2) 長崎大学病院 リハビリテーション部

3) 長崎大学病院 集中治療部

表 1 呼吸理学療法のアウトカム

即時・短期的アウトカム	中・長期的アウトカム
<ul style="list-style-type: none"> • 酸素化の改善 • 貯留分泌物の除去 • 換気の改善 • 無気肺の解除 • 臥床期間 • 生命予後 	<ul style="list-style-type: none"> • VAP 発生率 • せん妄の発生率と期間 • ICU 在室期間 • ICU 退室時の転帰 • 人工呼吸実施期間 • 入院期間 • 退院後 ADL、自覚症状、運動耐容能、HRQOL • 生命予後

されたために、長期安静臥床を容認せざるを得ない状況が少なくなかった。このような中で、呼吸機能改善のための呼吸理学療法は有力な治療手段として注目され、適用されてきた。

近年、重症患者の救命率向上と生命予後の改善に伴って、本患者群では ICU 獲得性筋力低下や、運動能力低下といった運動機能障害を高率に合併することが報告され、短期および長期機能予後に深刻な悪影響を及ぼすことが明らかとなった³⁾。そのため、急性呼吸不全患者の機能予後改善のために、積極的な早期リハビリテーションの必要性が示され、理学療法は運動機能障害の予防と改善に必須の介入手段として位置づけられている。この場合の理学療法の中心となる手段は、early mobilization（早期離床と運動療法：EM）であり、その有効性は十分なエビデンスをもって示されている⁴⁾。EM の積極的実施によって、人工呼吸期間や ICU 在室および入院期間の短縮に加えて、せん妄の発症や期間の減少、運動機能や日常生活活動の早期獲得、さらには生活の質の向上といった長期機能予後やアウトカムの改善が得られるに至っている⁵⁾。

その一方で、上記のアウトカムに及ぼす呼吸理学療

法単独、あるいはいくつかの手技の組み合わせの効果に関する成績は一定していない、または限定されたものであり、Stiller⁴⁾ は、その効果の大きさとアウトカム（表 1）へのインパクトを比較すると、当該手技の限界（あるいは適応の限定化）と EM の優先性を強調している。

この結果は本患者群において、必ずしも呼吸理学療法の必要性や重要性が失われたことを意味するものではなく、呼吸理学療法は、より早期からの円滑かつ安全な EM の開始に向けた呼吸障害の早期改善と呼吸機能安定化を図るための支持的な役割を担うべきであることを示唆している。後述する適応病態においては、EM 開始までに（あるいは同時並行的に）むしろ積極的に適用すべきことを意味するものと考えられる。

II. 呼吸理学療法の特異性

急性呼吸不全における呼吸理学療法の適応病態は、肺容量減少、大量の気道分泌物貯留、無気肺に大別でき、特にこれらが呼吸仕事量増大や酸素化障害の要因となっている場合には積極的に適用される。無気肺には気道分泌物貯留に起因する閉塞性無気肺、あるいは

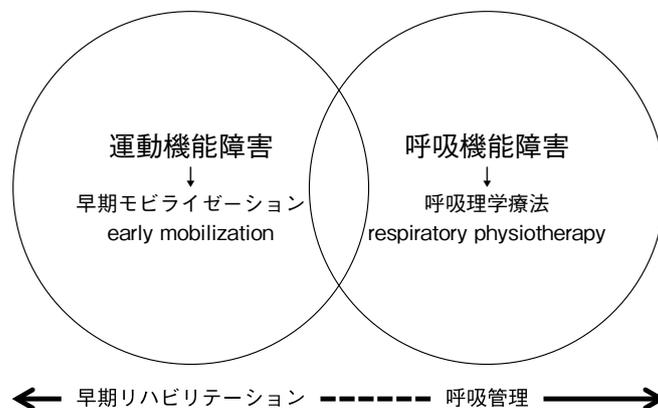


図 1 急性呼吸不全に対する理学療法の枠組み



図2 急性呼吸不全に多用される体位管理

急性呼吸促進症候群（acute respiratory distress syndrome: ARDS）に代表される肺水腫に伴う無気肺（下側肺障害）が含まれる。これらはいずれも、長時間の安静仰臥位での管理を主たる要因として生じるものであり、下気道感染や誤嚥、肺水腫などの存在あるいは合併が重症度あるいは介入効果に影響する。したがって、本法においては仰臥位以外の体位を介入手段として用いる体位管理が基本かつ主要な介入手段となる。筆者らが行った急性期理学療法の実施内容として気道クリアランス法、体位管理、呼吸助動手技がその内容の上位を占めており、いずれもこれらの適応病態を対象とする手段として選択されていた。

呼吸理学療法の手段の多くは即時効果を期待するものであり、手技を中断あるいは終了すると比較的速やかに実施前の状態に戻ってしまうことが多い²⁾。しかし、気道クリアランスは貯留分泌物の除去による気道の開存や肺胞の拡張、無気肺の解除、体位管理による肺容量増大などにおいては効果の持続が期待できる場合も少なくない。前述のとおり、一般的に呼吸理学療法の手段単独あるいは併用効果は限られており、特に長期効果、予後や転帰への影響は大きくない⁴⁾。また、これらの手技の中では徒手的な治療手技も少なくなく、同じ手技でも治療者によって些細な施行上の相違が存在したり、異なった名称の手技が実は同じであったりと混乱が多かった。しかし、これに関しては、手技の名称と内容を整理するとともに統一する作業が行われ、標準化が図られている¹⁾。

Ⅲ. 手技の実際とその効果、問題点

呼吸理学療法の手段は、リラクゼーション、呼吸練習、胸部可動域練習、呼吸筋トレーニング、気道クリアランスによって構成される¹⁾。これらには徒手的に

胸壁や腹壁上に対する圧迫や伸張などの外力、体位変換による重力といった物理的な外的刺激、さらには対象者自身の努力による深吸気や強制呼気、身体運動が用いられ、換気、すなわち呼吸運動に対する直接的アプローチであることを特徴とする。以下、急性呼吸不全における呼吸理学療法に適応病態である肺容量減少、大量の気道分泌物貯留、無気肺に対して用いられる手技について概説する。

1. 体位管理

体位管理（body positioning）は、体位変換によって特定の体位を一定時間保持する介入方法であり、全ての呼吸理学療法の基本となる。適用される体位は側臥位や前傾側臥位、腹臥位、座位であり（図2）、後述する気道クリアランス手技の多くも（体位ドレナージとして）体位管理と併用することが多い。臨床現場では特に、側臥位が多用される。

片側性肺障害や下側肺障害、肺区域以上の無気肺など、局在する肺病変が最もよい適応であり、体位変換によって肺に加わる重力の作用方向を変化させることで虚脱肺領域の拡張を図るとともに、肺内血流の適正な分布を図り、換気血流のマッチングによる酸素化の改善を期待する²⁾。酸素化の改善には換気血流比の是正に加えて、肺容量の増大、呼吸仕事量の軽減、粘液線毛クリアランスの増強なども関与している。

酸素化の改善や肺拡張を目的とする場合、病変部位が上側になる体位を用いることを原則とする²⁾。側臥位は片側性肺病変に、腹臥位は背側の無気肺や下側肺障害に対して適用、前傾側臥位は腹臥位の代用体位あるいはオプションとなる⁷⁾。また、座位は機能的残気量の増大に伴う肺容量の増加、酸素化の改善に有用であるとともに、座位耐性を促してEMを円滑に開始するうえでも重要な体位管理となる。

2. 気道クリアランス手技

気道クリアランス手技 (airway clearance techniques) は、気道内に貯留する分泌物の除去を有意に促進するための物理的手段である。その意義は、気道分泌物貯留に伴う弊害が存在する (あるいは予測される) 呼吸障害患者に適応を限定した気道管理にあり、有効な排出促進による換気および酸素化の改善を目標とする。急性呼吸不全では、気管吸引および体位ドレナージといった手技が代表である。

体位ドレナージは、気道分泌物が貯留した末梢肺領域の誘導気管支の方向に重力の作用が一致する体位 (排痰体位) を用いて、貯留分泌物の誘導排出をはかる手段である。しばしば排痰手技を併用し、末梢から中枢気道への分泌物の有意な移動を期待する。排痰手技には、軽打法 (percussion) と振動法 (vibration) が古くから用いられてきた。これらはいずれも胸壁上加えた振動刺激を気道壁に伝達させることによって、分泌物を振るい落とすことをその作用原理としているが、明らかな効果は科学的に証明されていない²⁾。特に人工呼吸管理中の気道クリアランス手技の有効性を証明するには至っておらず、予後への影響も不明である。酸素化の改善といった即時効果、呼吸障害の誘因の相違による人工呼吸期間の短縮や予後への影響などに関しても十分に検討されていない。

本邦ではスクイーピング (squeezing) という排痰手技が上記の方法に代わって提唱された。これは、気道分泌物貯留部位に相当する胸壁上部を呼気時に圧迫し、吸気時に解放する手技であり¹⁾、その作用原理は胸壁圧迫に伴う呼気気流の増大による分泌物の押し出し効果を期待するものである。スクイーピングは安全性に優れ、貯留分泌物の移動に効果的であると考えられているが⁸⁾、その検討は不十分であり、臨床研究による成績は一定していない。以下の報告では「スクイーピング」という名称は用いられておらず、胸壁圧迫 (chest compression) あるいは expiratory rib cage compression として、呼気時に胸壁に圧迫を加える方法であり、スクイーピングと同義であると解釈できる。一連の報告では、呼吸機能や吸引分泌物重量を指標とした即時効果が検討されている。Moreira ら⁹⁾ は、人工呼吸管理中の急性呼吸不全患者を対象として本手技を適用した結果、直後および1時間後に動的コンプライアンスの改善、一回換気量の増大、SpO₂の上昇、気道抵抗の

低下を認めている。また、実施後の吸引分泌物重量およびコンプライアンスの有意な増加が得られたとする報告^{10,11)}がある一方、吸引分泌物重量や酸素化およびコンプライアンスに及ぼす効果はないとする報告もある¹²⁾。Guimaraes ら¹³⁾の追試も同様の成績であり、ポジショニングや吸引の効果を高めなかった。徒手的過膨張に併用しても何ら変化は認めなかったことも報告されている¹⁴⁾。

これらの報告ではいずれも、体位ドレナージに併用して適用されてはいないため、本来のスクイーピングの実施目的と異なることもあり、解釈には注意を必要とする。また、この手技を体位ドレナージに併用する意義と必要性については不明であり、ルーチンに適用するものではなく、オプションと位置づけるべきである。

3. 徒手および人工呼吸器過膨脹

人工気道を介し、蘇生バッグやジャクソンリース回路を用いて加圧する方法を徒手的過膨脹 (manual hyperinflation: MHI)、同様に人工呼吸器の換気モードによって行う方法を人工呼吸器過膨脹 (ventilator hyperinflation: VHI) という。これらの手技は虚脱した肺胞の再拡張、貯留する気道分泌物の移動と除去を目的とする。MHIでは咳嗽を模倣するように、吸気はゆっくりと加圧した後、2~3秒間保持し、呼気ではすばやく開放する。気道分泌物を移動させるための呼気流速は、吸気のそれより10%以上の超過とともに、1,000cm/sec以上を要する。MHIでは、静的コンプライアンス、気道クリアランス、気道抵抗、虚脱肺のリクルートをそれぞれ改善させるとするが、システマティックレビューではその有効性を示し得ていない¹⁵⁾。一方、VHIは人工呼吸器に接続したままで実施できるためPEEPが付加されていること、MHIと比較して安全性、再現性に優れていることが大きな利点であるが、その有効性は両者で有意な相違は認められていない¹⁶⁾。

IV. 集学的呼吸理学療法における効果と安全性

集学的呼吸理学療法 (multimodality respiratory physiotherapy) とは、体位管理、気道クリアランス手技、MHIあるいはVHIを組み合わせて呼吸器合併症の予防および呼吸障害治療に関する短期的・長期的ア

ウトカムの改善を試みる方法である⁴⁾。これまでランダム化比較試験による4篇の論文^{17~20)}が報告されているが、ルーチンな集学的呼吸理学療法の有効性は相反する結果となっている。これらのうち、2つの研究ではいずれのアウトカムにおいても有意差を認めなかった^{17,19)}。Templetonら¹⁸⁾、Pattanshettyら²⁰⁾は、それぞれ48時間以上の人工呼吸管理を要する成人患者を対象に気道クリアランス法を中心とした呼吸理学療法を1日2回実施し、ICUおよび院内死亡率、人工呼吸およびICU在室期間に及ぼす影響を検討している。前者では、理学療法介入群で人工呼吸器が離脱できるまでに時間を要する結果となり、死亡率、ICU在室期間に関しては差がなかった。この報告は研究期間が3年と長期間にわたっており、治療介入をマスク化できず、介入スタッフへのバイアスの可能性が否定できない。後者では臨床肺感染症スコア (clinical pulmonary infection score : CIPS) で評価したVAP発生率は有意に減少し、院内死亡率の改善をも認めている。CPISで6点を超えるとVAPと良好に相関するとされるが、VAP診断におけるCPISの感度と特異度は満足のいくものではないこと、人工呼吸およびICU在室期間に有意差を認めないため、この成績には偶然あるいは何らかのバイアスが加わった可能性は否定できない。

これらの手技はいずれも物理的な外力を利用するために、呼吸状態さらには全身状態が不安定な急性呼吸不全患者では過剰なストレスになる危険性がある。多施設において理学療法士によって実施された集学的呼吸理学療法介入の安全性を検討した調査研究²¹⁾では、12,800回の治療介入中、有害事象は29回(0.22%)に過ぎなかったことが示されており、問題なく安全に実施することができたと結論している。一方、前述の筆者らの調査結果⁶⁾では、重篤な有害事象は皆無ではなく、患者の状態や適用手技によっても異なる可能性は否定できない。いずれにしても、実施に当たってのリスク発生を意識し、細心の注意を払う必要がある。

おわりに

急性呼吸不全患者の管理においてEMが重要な位置を占めるに至った間、呼吸理学療法の効果に関する研究報告も徐々に蓄積されてきた。本法が有効な病態も概ね特定されつつあると考えられ、その適応が明らかになるとともに実施すべき手技も集約・整理されてき

た印象がある。急性期医療の更なる発展に従い患者の短期予後の改善、高齢者と重症救命例の増加によって対象者の重症度の二極化が進み、呼吸理学療法の適応は、より重症例に傾いていくことが予測される。さまざまな併存疾患や合併症、全身状態、実施上の制約などから呼吸理学療法の実施はタイミング、個別化、工夫が求められるものと思われる。

また、EMが必要不可欠な介入の主体となる中で、常に呼吸理学療法の役割と意義を再考すること、エビデンスを示し続けていくことの必要性を強調したい。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

参考文献

- 1) 千住秀明, 眞淵 敏, 宮川哲夫ほか監: 呼吸理学療法標準手技. 石川 朗, 神津 玲, 高橋哲也編. 東京, 医学書院, 2008.
- 2) Stiller K : Physiotherapy in intensive care : towards an evidence-based practice. *Chest*. 2000 ; 118 : 1801-13.
- 3) Herridge MS, Tansey CM, Matté A, et al : Functional disability 5 years after acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2011 ; 364 : 1293-304.
- 4) Stiller K : Physiotherapy in intensive care : an updated systematic review. *Chest*. 2013 ; 144 : 825-47.
- 5) Kayambu G, Boots R, Paratz J : Physical therapy for the critically ill in the ICU : a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2013 ; 41 : 1543-54.
- 6) 神津 玲, 花田匡利, 及川真人ほか: 集中治療室および外科周術期における急性期理学療法の実施状況に関する全国調査. *理学療法学*. 2014 ; 41 : 100-1.
- 7) 神津 玲, 山下康次, 眞淵 敏ほか: 前傾側臥位が急性肺損傷および急性呼吸促進症候群における肺酸素化能, 体位変換時のスタッフの労力および合併症発症に及ぼす影響. *人工呼吸*. 2009 ; 26 : 210-7.
- 8) 宮川哲夫. 呼吸管理における呼吸理学療法の意義. *救急医学*. 2002 ; 26 : 1577-83.
- 9) Moreira FC, Teixeira C, Savi A, et al : Changes in respiratory mechanics during respiratory physiotherapy in mechanically ventilated patients. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015 ; 27 : 155-60.
- 10) Naue Wda S, Forgiarini Junior LA, Dias AS, et al : Chest compression with a higher level of pressure support ventilation : effects on secretion removal, hemodynamics, and respiratory mechanics in patients on mechanical ventilation. *J Bras Pneumol*. 2014 ; 40 : 55-60.
- 11) Gonçalves EC, Souza HC, Tambascio J, et al : Effects of chest compression on secretion removal, lung mechanics, and gas exchange in mechanically ventilated patients : a crossover, randomized study. *Intensive Care Med*. 2016 ; 42 : 295-6.

- 12) Unoki T, Kawasaki Y, Mizutani T, et al : Effects of expiratory rib-cage compression on oxygenation, ventilation, and airway-secretion removal in patients receiving mechanical ventilation. *Respir Care*. 2005 ; 50 : 1430-7.
- 13) Guimaraes FS, Lopes AJ, Constantino SS, et al : Expiratory rib cage Compression in mechanically ventilated subjects : a randomized crossover trial [corrected]. *Respir Care*. 2014 ; 59 : 678-85.
- 14) Genc A, Akan M, Gunerli A : The effects of manual hyperinflation with or without rib-cage compression in mechanically ventilated patients. *Ital J Physiother*. 2011 ; 1 : 248-54.
- 15) Paulus F, Binnekade JM, Vroom MB, et al : Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit patients : a systematic review. *Crit Care*. 2012 ; 16 : R145.
- 16) Anderson A, Alexanders J, Sinani C, et al : Effects of ventilator vs manual hyperinflation in adults receiving mechanical ventilation : a systematic review of randomised clinical trials. *Physiotherapy*. 2015 ; 101 : 103-10.
- 17) Patman S, Sanderson D, Blackmore M : Physiotherapy following cardiac surgery : is it necessary during the intubation period? *Aust J Physiother*. 2001 ; 47 : 7-16.
- 18) Templeton M, Palazzo MG : Chest physiotherapy prolongs duration of ventilation in the critically ill ventilated for more than 48 hours. *Intensive Care Med*. 2007 ; 33 : 1938-45.
- 19) Patman S, Jenkins S, Stiller K : Physiotherapy does not prevent, or hasten recovery from, ventilator-associated pneumonia in patients with acquired brain injury. *Intensive Care Med*. 2009 ; 35 : 258-65.
- 20) Pattanshetty RB, Gaude GS : Effect of multimodality chest physiotherapy in prevention of ventilator-associated pneumonia : A randomized clinical trial. *Indian J Crit Care Med*. 2010 ; 14 : 70-6.
- 21) Zeppos L, Patman S, Berney S, et al : Physiotherapy in intensive care is safe : an observational study. *Aust J Physiother*. 2007 ; 53 : 279-83.

Respiratory physiotherapy for patients with acute respiratory failure

Ryo KOZU^{1,2)}, Masatoshi HANADA²⁾, Masato OIKAWA^{1,2)}, Hiroki NAGURA²⁾
 Yuichi TAWARA²⁾, Shuhei MATSUMOTO³⁾, Ushio HIGASHIJIMA³⁾, Motohiro SEKINO³⁾

¹⁾ Department of Cardiopulmonary Rehabilitation Science, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences

²⁾ Cardiorespiratory Division, Department of Rehabilitation Medicine, Nagasaki University Hospital

³⁾ Intensive Care Unit, Nagasaki University Hospital

Corresponding author : Ryo KOZU

Department of Cardiopulmonary Rehabilitation Science, Nagasaki University
 Graduate School of Biomedical Sciences
 1-7-1 Sakamoto, Nagasaki, 852-8520, Japan

Key words : acute respiratory failure, mechanical ventilation, physiotherapy, body positioning

Abstract

Respiratory physiotherapy is the technique which relates to the assessment, prevention and treatment of respiratory disorders. Its goals for patients with acute respiratory failure are to promote secretion clearance, recruit lung volume, optimize oxygenation and decrease work of breathing. The major focus of physiotherapy treatment (eg, body positioning and airway clearance technique) is volume loss, retained pulmonary secretions, and atelectasis. However, the evidence from clinical trials evaluating the effectiveness individual or multimodality respiratory physiotherapy techniques is conflicting.

In patients with acute respiratory failure, prolonged bed rest are associated with functional decline and increased morbidity and mortality. Implementation of an early mobilization (EM) could have a beneficial effect on these factors. These results suggest that a trend toward more emphasis on clinical practice into EM over respiratory physiotherapy is now evident.