

□ 特集：ARDS/ALI □

ARDS/ALI に対する呼吸理学療法

神津 玲* 朝井 政治** 俵 祐一** 千住 秀明***

1. はじめに

急性呼吸不全における呼吸理学療法（以下、理学療法）は、安静臥床や陽圧換気によって生じやすい不均等換気の是正、貯留する気道分泌物の誘導排出、虚脱肺胞領域の拡張、酸素化の改善を主たる目的として、薬物療法や人工呼吸療法とともに呼吸管理の重要な一手段に位置づけられている。理学療法手技の多くは、胸壁上や気道を介して何らかの外力（圧迫、振動、陽圧など）を加えたり、姿勢の変化による重力作用の操作など、物理的な外力を利用するものである。また、深呼吸や強制呼出、さらには運動など、可能であれば対象者の協力や努力を積極的に求めることもあり、他の呼吸管理の手段との大きな相違であるといえる¹⁾。

ここでは、ARDS/ALI を基礎疾患とする場合の急性呼吸不全に対する理学療法について、その意義と実際、有効性の根拠に関して文献的考察を加えながら解説する。なお、本稿は日本呼吸療法医学会多施設共同研究委員会による「ARDS に対する Clinical Practice Guideline 第2版」²⁾の内容に基づいていることをおこわりする。

2. ARDS/ALI における理学療法の意義と特異性

急性呼吸不全に対する理学療法の役割は、呼吸管理における新たな（呼吸器）合併症の予防すなわち、ベッド上安静に伴う合併症のリスクを減らすことである。理学療法の適応やエビデンス、効果の大きさは限られているが³⁾、その必要性や有効性は、多くの臨床家によって受け入れられている。わが国における ARDS/ALI への理学療法適用は、最近の急性期呼吸管理への関心の高まりに伴った理学療法の積極的適用と適応拡大の結果によるものと思われ、その基本的な概念や方

法論に大きな相違はないものと解釈できる。

ARDS/ALI の病態は、微小血管の透過性亢進による肺水腫であり、臨床的には胸部レントゲン写真上の両側びまん性浸潤陰影および急性に発症した重度低酸素血症によって特徴づけられる。低酸素血症のおもな要因は、肺内シャント、拡散障害および換気血流不均衡であり、肺水腫によって肺は重く、膨らみにくくなるため、気管内挿管下での人工呼吸管理が必要となる。ARDS/ALI における肺実質病変は、重力側である下側、すなわち背側領域を中心として不均等に分布する。このような肺内に限局する肺病変に伴う酸素化障害は、体位変換によく反応することが以前から知られており⁴⁾、理学療法のよい適応となっていた。

本症候群における体位変換、特に腹臥位による体位管理は、数多くの基礎的、臨床研究が積み重ねられた結果、強い根拠をもってその有効性が証明されるに至っている⁴⁾。体位管理は本来、重要な理学療法の構成要素であるが、ARDS/ALI においては体位（腹臥位）管理の効果の大きさ、特に酸素化改善効果は著明であり、「理学療法から独立する形」で急速に広がったことは特記すべきことである。その結果、本症候群において体位管理は、理学療法の範疇を超えた独自の新戦略としての位置づけがなされている。

一方、体位管理以外の理学療法手段である体位ドレナージュや各種徒手的手技については、臨床現場における簡便さゆえの積極的適応と相反して、十分な科学的検証が行われないうままに普及した経緯をたどってきた。そのために、病態の解明や呼吸管理の進歩に追従することができていない状況にある。これらの手技は、病態および予後改善手段の役割はなく、対症療法的あるいは時間稼ぎ的なものとして、今後の位置づけや適応について検討する必要がある。

* 長崎大学医学部・歯学部附属病院リハビリテーション部

** 聖隷三方原病院リハビリテーション部

*** 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科保健学専攻

3. 理学療法の実際

現在、ARDS/ALIに対する理学療法については「ARDSに対する Clinical Practice Guideline」²⁾が本邦における唯一のコンセンサスである。本ガイドラインでは、理学療法を合併症予防や酸素化の改善を目的とした体位管理と、貯留する気道分泌物のドレナージュを目的とする気道クリアランス法とに分類している。以下、この内容に準じて、これらの手段について述べる。

(1) 体位管理

体位管理とは体位変換 (turning) および、それによって特定の体位 (臨床的には側臥位や前傾側臥位、腹臥位) を一定時間保持すること (positioning) であり、新たな肺合併症の予防を目的とする予防的体位管理と、すでに存在する肺障害に対して行われる治療的体位管理とに大別できる。

1) 予防的体位管理

① 体位変換

一定体位を維持することによって生じる下側肺領域の圧排虚脱や、気道分泌物貯留に起因する弊害を防ぐ目的に、通常すべての急性呼吸不全患者に施行されている。下側肺領域の加重の除去を直接的な目的とし、医療スタッフのマンパワーによる1-2時間毎に左右側臥位への定期的な体位変換を行うものである。仰臥位を0度とした場合、最低40度の両側側臥位が奨められている。体位変換によって酸素化 (SpO₂) や呼吸状態 (例えば背側の呼吸音) を指標に、これらがどのように変化するかを評価、症例ごとに頻度と時間を決定する。

ARDS/ALIにおいて、定期的な体位変換の必要性和有効性については、後述の持続的体位変換と比較したDavisら⁹⁾の報告があるが、酸素化ならびに気道クリアランス効果に関して有意な改善は得られていない。褥瘡予防や安楽の確保以外に呼吸状態に及ぼす効果は不明である。

② 半坐位

人工呼吸管理中は仰臥位で管理されることが多いが、半坐位 (semirecumbent body position) は、誤嚥の危険性および人工呼吸器関連肺炎 (ventilator-associated pneumonia, VAP) を減少させることが知られている。

人工呼吸患者を対象に半坐位と仰臥位を比較したランダム化比較試験 (RCT)⁶⁾によれば、臨床所見から

の肺炎の頻度は、それぞれ3/39例と16/47例であった。リスク比で見ると0.26 (95%信頼区間0.10-0.42)と効果は大きく、人工呼吸管理中はできる限り半坐位を保つほうがよいとされる²⁾。

ARDS/ALIに特異的ではないが、上記に従って半坐位を保つことは有用であると思われる。しかし、この体位は酸素化の改善なしに肺コンプライアンスを有意に低下させることが知られており⁷⁾、注意が必要である。

③ 持続的体位変換

自動体位変換ベッドを用いて左右への側臥位を自動的に繰り返すものである。これにはkinetic therapyとcontinuous lateral rotational therapyがあり、前者は40度以上 (62度)、後者では40度未満の側臥位が設定される⁸⁾。多発外傷、頸髄損傷、肥満など特に頻回の体位変換の必要性が高い症例、医療スタッフのマンパワーによる通常の体位変換が困難な場合などにその適用が考慮される。

本法に関するメタ・アナリシス⁹⁾によると、呼吸器合併症を減少、挿管およびICU在室期間を短縮させたが、死亡率、入院日数には影響を及ぼさず、ARDSや敗血症の患者には無効であるとしている。最近の報告¹⁰⁾では、同様に肺炎の発症を減少させたが、人工呼吸およびICU在室期間に関しては影響しなかったとしている。しかし、ARDS/ALI症例に限定したのではなく、さらなる検討が必要である。

ARDS患者に対する持続的体位変換とスタッフのマンパワーによる2時間毎の体位変換はガス交換、その他の転帰に関して両者は同等である¹¹⁾。これらの報告をふまえると本患者群に適用する必要性はないものと思われる。

2) 治療的体位管理

① 腹臥位管理

ARDS/ALIの肺実質病変は背側に限局し、下側肺障害¹²⁾と呼ばれている。下側肺障害を伴うと高度な換気血流比の低下が出現し、肺内シャント率の増加として重篤な低酸素血症を引き起こすとともに、人工呼吸関連肺損傷のリスクを高めることが知られている¹³⁾。下側肺障害の主要な成立条件は仰臥位管理の持続であるため、仰臥位と反対の体位、つまり腹臥位による体

表 1 腹臥位管理の適応と禁忌

<ul style="list-style-type: none"> ・ 適応 <ol style="list-style-type: none"> 1. 下側肺障害の存在 2. 十分な PEEP や高い FIO₂ によっても期待する酸素化が得られない (例：FIO₂>0.5, PIP>35cmH₂O, あるいは PEEP>10cmH₂O で PaO₂<100mmHg) 3. 試験的体位変換で反応が良好 (PaO₂ が 20mmHg 以上の上昇) ・ 禁忌；絶対的禁忌 <ol style="list-style-type: none"> 1. 顔面または骨盤骨折 2. 腹側の熱傷または開放創 3. 脊椎不安定 4. 頭蓋内圧亢進状態 (>25mmHg) 5. 急性出血状態 6. 致死的不整脈など ・ 禁忌；相対的禁忌： <ol style="list-style-type: none"> 1. 気管切開術直後 2. 脊椎や開腹術後 3. 多発外傷 4. 治療されていない不整脈, 左心不全の合併 (適切な治療によっても収縮期血圧<90mmHg) 5. 肥満, 患者が非協力的, せん妄や高度の不安, 強い疼痛,

位管理がその有力な治療手段となる。

本症候群における腹臥位管理の適応は、原則として下側肺障害の合併例であり、開始時期は概ね発症後 3-5 日以内である。肺全体が均質に障害されたびまん性障害例や器質的な変化が完成した後期 ARDS では適応外となる。また、腹臥位管理はリスクや合併症も伴うため、ルーチンに行く必要はない²⁾。本法の適応を表 1 に示した。

適応患者を仰臥位から腹臥位に変換すると、酸素化は数分以内に改善する。このような即時効果のメカニズムは、横隔膜運動の改善や換気血流不均等分布の是正などが関与している。数十分程度の短時間の腹臥位から元の仰臥位へ戻すと、再び導入前の低酸素血症に陥ってしまうが、腹臥位の時間を長く維持 (概ね 2 時間以上) すると、仰臥位に戻した後も酸素化の改善が維持される。腹臥位管理を定期的に繰り返すことで、持続的でより大きな酸素化の改善が得られる。この機序は障害部位の肺水腫、気道分泌物貯留、微小無気肺など、下側肺障害の器質的な改善を示すものである。

1 回の腹臥位施行時間や頻度の決定基準は、現在のところ不明である。文献的には 6-8 時間程度の施行時

間や、2 時間程度の短時間の腹臥位を 4-8 時間毎に繰り返すものなど幅がある⁴⁾。臨床的には、重症度や腹臥位による効果の程度、循環動態の反応、改善の持続時間、患者の協力度などを参考に決定する。

腹臥位管理は数多くの臨床研究によって酸素化改善効果が示されており、2001 年の Gattinoni ら¹⁴⁾、2004 年の Guerin ら¹⁵⁾、そして 2006 年の Mancebo ら¹⁶⁾によって行われた欧州での 3 つの大規模多施設試験でも酸素化の有意な改善が証明された。しかし、いずれも生存率の改善は認められなかった。しかし、重症患者に限って比較検討した Gattinoni らの報告¹⁴⁾では、腹臥位群の 10 日目の死亡率が有意に低かったとしている。また、重症例を対象に長時間の腹臥位管理を施行した Mancebo らの報告¹⁶⁾も有意ではないものの腹臥位群の生存率が良好である傾向 (ICU 死亡率は仰臥位群 58%、腹臥位群 43%) を示しており、重症例における生命予後に及ぼす影響を示唆するものである (表 2、図 1)。

なお、腹臥位管理は VAP を有意に減少させることが示されている⁸⁾。

表2 腹臥位管理によるアウトカム¹⁶⁾

Variable	Supine Group (n = 60)	Prone Group (n = 76)	p Value
ICU mortality, n (%)	35 (58)	33 (43)	0.12
95% CI	45-71%	32-55%	
Hospital mortality, n (%)	37 (62)	38 (50)	0.22
95% CI	48-74%	38-62%	
ICU length of stay, d	19.1 ± 23.1	20.5 ± 18.2	0.70
Survivors	22 ± 14.1	27.9 ± 18.5	
Nonsurvivors	17 ± 27.9	10.9 ± 12.5	0.002
Pneumothorax, n (%)	4 (6.7)	7 (9.2)	0.76
Unplanned tracheal extubation, n (%)	1 (1.7)	6 (7.9)*	0.13
Ventilator-associated pneumonia, n (%)	9 (15)	14 (18.4)	0.65
Days under vasopressors [†]	6.35 ± 5.03	5.43 ± 5.22	0.32

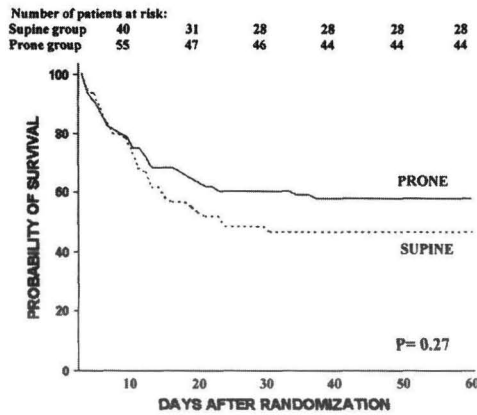


図1 腹臥位管理による生存率の比較¹⁶⁾

②前傾側臥位による体位管理

腹臥位は様々なトラブルが多く、マンパワーと手間のかかる方法でもある。腹臥位の代用として前傾側臥位（半腹臥位、図2）の有効性も報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。腹臥位と比較して酸素化の改善効果は小さいが有意であり、下側肺障害の分布パターンによっては腹臥位よりもその効果は大きい場合もある¹⁹⁾。

(2) 気道クリアランス法

1) 排痰手技を併用した体位ドレナージ

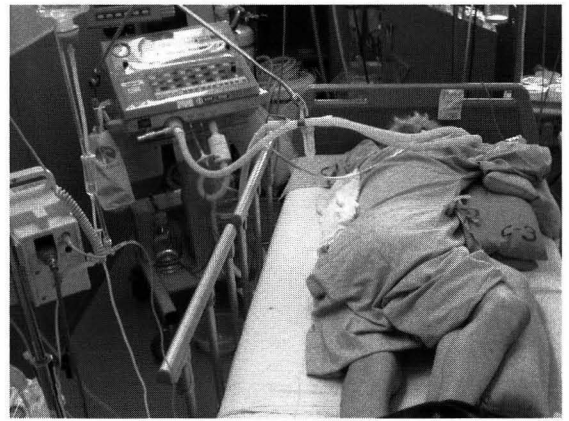
ARDS/ALIでは気道分泌物貯留は必ずしも特異的な所見ではないが、誘因が細菌性肺炎である場合や、経過中にVAPを併発した場合には、分泌物貯留をきたしやすい。体位ドレナージとは気道クリアランス法（排痰法）の一手段であり、分泌物が貯留した肺区域の誘

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、貯留分泌物の移動排出をはかる方法である。通常は各肺葉もしくは肺区域の気管支の解剖学的位置に基づいたいくつかの体位を用い、各体位を数分から10分間程度ずつ保持するものである。

本症候群においてもその適応は、通常の急性呼吸不全に準じ、末梢肺領域に比較的大量の分泌物貯留を合併する場合である。特に、①気管内吸引や定期的な体位変換のみでは除去し得ない貯留分泌物の存在（聴診上の呼気性 crackles や rhonchi の聴取、rattling の触知などの所見、人工呼吸器の気道内圧上昇あるいは換気量の低下などで判断）、②胸部レントゲン写真上の急性無気肺の合併、③気道分泌物貯留が主たる要因と考えられる PaO₂ または SpO₂ の有意な低下を認めるなどに限定される²⁰⁾。したがって、気管内吸引のみで分



a. 腹臥位



b. 前傾側臥位

図2 前傾側臥位による体位管理

分泌物を除去できる場合は適応とはならない。

貯留分泌物に流動性があれば排痰体位のみでも移動させることが可能であるが、通常は排痰手技を併用し、末梢から気管内吸引が可能となる中枢気道への有意な移動を期待する。排痰体位を保ちながら、貯留部位に相当する胸壁上に排痰手技を加える。その方法として軽打法 (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作用原理としているが、その効果は科学的に示されていない³⁾。ARDS/ALIで分泌物の誘導排出にこれらの手技、特に軽打法を併用した体位ドレナージを適用しても酸素化および気道クリアランスの改善は得られず、施行中の酸素消費量を有意に増大させるとする報告がある⁵⁾。その他、本症候群を対象とした検討は少ないが、その有効性を示し得た報告はなく、その他の急性呼吸不全において軽打法の施行に伴う疼痛や重症不整脈などの合併症が高率に発生することも考慮すると、本症候群では軽打法の併用は推奨できない²⁾。

近年、それらにかわって、本邦では貯留部位に相当する胸壁 upper を呼気時に圧迫するスクイーピング (squeezing) という手技が試みられているが、その有効性は十分に証明されていない²⁾。また、PEEPによって内部から肺胞が拡張されている反面、外部から胸壁

を圧迫することの意味と弊害など不明な点も多い。モデル肺によるARDS/ALIに特徴的な低コンプライアンスモデルでこの手技を加えても、分泌物移動に必要なかつ有用であろう呼気気流や換気量はまったく変化しない²⁾。すなわち、肺胞が虚脱している状態ではいくら胸壁に圧迫を加えてみても気道分泌物の移動を図ることはできないうえ、酸素化の改善も不可能であることを示すものである。

急性呼吸不全において、体位ドレナージが有効であるとする根拠があるのは無気肺、大量の気道分泌物 (もしくは血液) 貯留など、ごくわずかな場合に限られる。分泌物の移動排出による末梢気道の開存、それに伴う換気さらには酸素化の改善が期待できるか否かが適応のポイントであり、ARDS/ALIにおいてもこれに従うべきである。

以上をまとめると適応を十分に吟味する必要があるとともに、現時点では排痰手技を併用した体位ドレナージのルーチンでの実施は控えた方がよい²⁾。

2) 徒手的過膨張 (manual hyperinflation, MH)

MHは一時的に人工呼吸器をはずし、蘇生バッグやジャクソンリース回路を用いた徒手的加圧換気によって大きな1回換気量で肺を拡張させる手技であり、イギリスやオーストラリアの理学療法士を中心に多用されている。急性呼吸不全における肺の虚脱予防および

再拡張、酸素化と肺コンプライアンスの改善、中枢気道への分泌物の移動促進などを目的とし、無気肺の解除にも用いられる。本手技は末梢の側副気道と肺胞の相互依存性現象を通じて虚脱肺を再拡張させると考えられており²²⁾、無気肺の改善に加えて、酸素化および静的コンプライアンスの改善も示されている²³⁾。

通常、挿管チューブを介して、ゆっくりとした深い吸気、吸気位の保持、加圧を一気に解放して、呼気気流の増大を強調した呼出の一連を行う。これに伴って気道内圧の上昇、血圧の変動や心拍出量の低下など循環動態への影響、頭蓋内圧の上昇が認められており²²⁾、そのリスクを考慮すると手技に習熟したスタッフが施行することが望ましい。

MHの有効性に関しては、ARDS/ALIを対象を限定した報告は少なく、positioningを併用したMHに関する唯一のRCT²⁴⁾では酸素化の改善は認められなかった。現時点では本患者群の酸素化や気道クリアランスを有意に改善させるか否かは不明である。

本手技はリクルートメント手技 (recruitment maneuver) を想起させるものであるが、手技の加え方や方法、目的は異なるものであり、注意が必要である。MHと人工呼吸器による過膨張 (ventilator hyperinflation) との気道クリアランス効果は同等であることが報告されている²⁵⁾。

(3) その他の手技

徒手呼吸介助手技 (manual breathing assist technique) は、わが国において急性呼吸不全に対する理学療法手技のうち最も多く実施されている²⁶⁾。胸郭運動を徒手のかつ他動的に介助増大させることで換気を改善する手技である。患者の胸郭に術者の手掌面を当て、胸壁を生理的な運動方向にあわせて圧迫し呼気量を増大させ、次の吸気時には圧迫を解放することで相対的に胸郭の拡張と吸気量の増加を図る。人工呼吸管理下であっても適用可能であり、ガス交換の促進、換気および呼気気流の改善に伴う気道分泌物移動や無気肺の予防や改善といった効果を期待する。排痰効果のみを目的とするものではないため、気道クリアランス手技に位置づけることはできない。

ARDS/ALIにおける本手技の臨床的意義は、下部胸郭と横隔膜運動の促進であるとされている²⁷⁾。しかし、その生理学的影響や効果についてはほとんど検討され

ていない。腹臥位管理と併用することでその付加価値を検討した報告²⁸⁾では、体位を腹臥位から仰臥位に戻した後の酸素化の維持に効果的であったとしているが、人工呼吸管理期間や予後に及ぼす影響は認められていない。

4. おわりに

腹臥位管理の有効性と呼吸管理における位置づけが確立された現在、気道クリアランス手技を中心とした理学療法手段の見直しが必要となっている。これらがARDS/ALIの病態そのものに作用することはないため、他の呼吸管理や人工換気様式、あるいは腹臥位管理といった一定の効果を有する治療手段との併用効果をいかに示し得るかがポイントとなる。すなわち、これらの手段単独以上の効果の大きさを示すことができるか、あるいは弊害を減らすことに有用であるかなどといった視点が重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 神津 玲：急性期呼吸理学療法。救急医学 28:1206-1210,2004
- 2) 日本呼吸療法医学会・多施設共同研究委員会：ARDSに対する Clinical Practice Guideline. 第2版、人工呼吸 21:44-61,2004
- 3) Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. Chest 118:1801-1813,2000
- 4) Pelosi P, Brazzi L, Gattinoni L: Prone position in acute respiratory distress syndrome. Eur Respir J 20:1017-1028,2002
- 5) Davis K Jr, Johannigman JA, Campbell RS, et al: The acute effects of body position strategies and respiratory therapy in paralyzed patients with acute lung injury. Crit Care 5:81-87,2001
- 6) Drakulovic MB, Torres A, Bauer TT, et al: Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a randomised trial. Lancet 354:1851-1858,1999
- 7) Bittner E, Chendrasekhar A, Pillai S, et al: Changes in oxygenation and compliance as related to body position in acute lung injury. Am Surg 62:1038-1041,1996
- 8) Hess DR: Patient positioning and ventilator associated

- pneumonia. *Respir Care* 50:892-898,2005
- 9) Choi SC, Nelson LD: Kinetic therapy in critically ill patients: combined results based on meta-analysis. *J Crit Care* 7:57-62,1992
 - 10) Goldhill DR, Imhoff M, McLean B, et al: Rotational bed therapy to prevent and treat respiratory complications: a review and meta-analysis. *Am J Crit Care* 16:50-61,2007
 - 11) Traver GA, Tyler ML, Hudson LD, et al: Continuous oscillation: outcome in critically ill patients. *J Crit Care* 10:97-103,1995
 - 12) 丸川征二郎：体位呼吸療法、新版 呼吸管理の基本手技。天羽敬祐編。東京、中外医学社、1995、p 232-243
 - 13) Slutsky AS: The acute respiratory distress syndrome, mechanical ventilation, and the prone position. *N Engl J Med* 345:610-612,2001
 - 14) Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, et al; Prone-Supine Study Group: Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 345:568-573,2001
 - 15) Guerin C, Gaillard S, Lemasson S, et al: Effects of systematic prone positioning in hypoxemic acute respiratory failure: a randomized controlled trial. *JAMA* 292:2379-2387,2004
 - 16) Mancebo J, Fernandez R, Blanch L, et al: A multicenter trial of prolonged prone ventilation in severe acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 173:1233-1239,2006
 - 17) 尾崎孝平：腹臥位呼吸管理とは、ナースの質問 119。丸川征二郎編。東京、南江堂、2002、pp 123-130
 - 18) 朝井政治、神津 玲、俵 祐一、ほか：体位呼吸療法が奏効した急性呼吸不全の 1 症例。理学療法探求 4:24-28,2001
 - 19) 神津 玲、朝井政治、俵 祐一、ほか：ALI/ARDS に対する呼吸ケア；腹臥位に代わって前傾側臥位による体位管理を適用した ARDS の 1 例。日本呼吸管理学会誌 15:461-465,2006
 - 20) Ciesla ND: Chest physical therapy for patients in the intensive care unit. *Phys Ther* 76:609-625,1996
 - 21) 宮川哲夫、繁田正毅：換気力学からみた排痰手技の検討。人工呼吸 16:216,1999
 - 22) Denehy L: The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J* 14:958-965,1999
 - 23) Denehy L, Berney S: Physiotherapy in the intensive care unit. *Physical Therapy Reviews* 11:49-56,2006
 - 24) Barker M, Adams S: An evaluation of a single chest physiotherapy treatment on mechanically ventilated patients with acute lung injury. *Physiother Res Int* 7:157-169,2002
 - 25) Berney S, Denehy L: A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int* 7:100-108,2002
 - 26) 高橋哲也、石川 朗、神津 玲、ほか。人工呼吸器装着中の呼吸理学療法に関する全国調査。理学療法学 29:230-236,2002
 - 27) 尾崎孝平：肺理学療法；腹臥位換気を中心に、別冊・医学のあゆみ ARDS のすべて。石井芳樹編。東京、医歯薬出版、2004、pp 260-265
 - 28) 神津 玲、朝井政治、中村美加栄、他。腹臥位管理と呼吸理学療法の併用が急性呼吸不全患者の肺酸素化能に及ぼす影響。人工呼吸 16:148,1999
-