

総説：秋田大学保健学専攻紀要27(1)：89-104, 2019

呼吸理学療法におけるコンディショニング －排痰法－

佐々木 誠

要 旨

呼吸器障害を有する患者において、コンディショニングは呼吸理学療法の構成要素の1つである。運動トレーニングや日常生活活動練習の前処置として、またはその後の回復を早める目的で実施されたり、呼吸器疾患が重篤な患者や呼吸機能低下が進行した患者に対して予防に大きな比重を置いて行われたりする。本総説では、排痰法について、手技別に方法、期待される効果とそのエビデンスに言及する。排痰法には、体位排痰法、徒手排痰手技（胸郭圧迫法、軽打法、振動法、揺すり法など）、自己喀痰（強制呼出手技、咳嗽、アクティブサイクル呼吸法）がある。自己喀痰が困難な場合、肺内の空気と呼出する際に胸郭を圧迫する介助を行う。いずれの手技についても、短期ならびに長期効果を支持するあるいは否定する十分なエビデンスがないため、ルーチンに行うのではなく、患者の個別性に応じて安全性に配慮しつつ実施することが大切であると考えられる。

I. はじめに

呼吸器疾患患者や他の各種疾患に呼吸器疾患を合併した患者あるいは呼吸機能が低下した患者において、コンディショニングは呼吸理学療法の構成要素の1つである。運動トレーニングや日常生活活動（activities of daily living:ADL）練習の前処置として、またはその後の回復を早める目的で実施されたり、呼吸器疾患が重篤な患者や呼吸機能低下が進行した患者に対して予防に大きな比重を置いて行われたりする。呼吸器疾患のためや術後などの安静状態のためなどで、気道内分泌物が貯留しがちな患者や、十分な咳嗽の能力がない患者において、痰を喀出することは、無気肺や呼吸器感染症を予防、改善するために重要である。一群の患者は、末梢気道から中枢気道へ気道内分泌物を輸送する機能が低下し、あるいは中枢気道に集まった痰を自己喀出することが困難となり、排痰法の適応対象となる。排痰法の種類には、体位排痰法、徒手排痰手技、自己喀痰を助ける手技がある。これらは気道内分泌物

の除去を通じて、肺障害を予防、改善すること、さらに波及効果が期待される。

本総説では、呼吸理学療法における排痰法について、手技・種目別に、方法、期待される効果とそのエビデンスに言及する。

II. 体位排痰法（postural drainage）

体位排痰法は、気道内分泌物が貯留した末梢気道を最高位にした体位（排痰体位：drainage position）をとらせ、重力を利用して貯留した分泌物の中核側への移動を促す方法である。喀痰量が25～30 mL／日以上のもので適応になる¹⁾とされる。肺の一区域に20～30分間時間をかけるが、後述する徒手排痰法を併用する場合は、3～5分を2～3区域行い計10～15分程度施行する。

各区域に対する排痰体位は、

上葉：肺尖区：坐位

右の上葉前区：背臥位

左の上葉前区：背臥位で頭高20°位
 右の上葉後区：前傾側臥位
 左の肺尖後区：腹臥位で頭高20°位
 右中葉：後傾側臥位で頭低10°位
 左舌区：後傾側臥位で頭低10°位
 下葉：上下葉区：腹臥位

右の内側肺底区：側臥位で頭低20°位
 前肺底区：背臥位での頭低30°位
 外側肺底区：側臥位で頭低20°位
 後肺底区：腹臥位で頭低30°位

である。頭低位をはじめとしたいくつかの体位は、特に重篤な患者で禁忌となることがあり、その場合修正した排痰体位が用いられる。修正した排痰体位は、

背臥位：肺尖区・上葉前区・前肺底区
 前傾側臥位：上葉後区・外側肺底区
 後傾側臥位：右の中葉・左の上葉舌区
 側臥位：外側肺底区・一侧の全肺野
 腹臥位：上下葉区・後肺底区

である。

体位排痰法の歴史は古く、1901年に Ewart によって初めて記述された^{2,4)}とされている。理学療法士に対するアンケートでは、振動法を伴う胸郭圧迫法、肺過膨張手技、気管内吸引、離床と並んで最も頻繁に行われる手技の1つとされている⁵⁾。

体位排痰法の即時効果の検討は、慢性気道閉塞患者、嚢胞性線維症患者、慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease: COPD) 患者、気管支拡張症患者、慢性喘息患者を対象に、喀痰量 (喀痰の容量や乾燥された重量)、気道清浄化 (ラジオエアロゾルの停留率)、呼吸機能で行われている。喀痰量に対して無効であった⁶⁾との報告がある一方で有効であった⁷⁻⁹⁾とする報告がある。小児を対象とした報告では、気道内分泌物の除去率は、体位排痰法25%に対して気管支鏡下では89%であった¹⁰⁾とされている。エアロゾルでの検討でも、効果を認めなかった¹¹⁾とするものと認めた⁸⁾とする報告の両者がある。呼吸機能に変化がなかった⁹⁾とする報告よりも、肺活量、1秒量、最大呼気フローが高まった¹²⁻¹⁵⁾とする報告の方が多い。長期効果については、急性増悪期の COPD 患者で検討されている¹⁶⁾。退院時の運動中の呼吸困難感 (Borg スコア) が低値であった他は、退院時、6カ月間のフォローアップにおいて、喀痰量、在院期間、健康関連 QOL、再度の急性増悪や入院は、対照群と差がなかったと報告されている。また、体位排痰法に用手換気 (manual hyperinflation) を併用した場合にも、対照群と比べて院内感染性肺炎が少なかったが有意には至らなかった¹⁷⁾と報告されている。なお、

慢性呼吸器疾患患者に対して体位排痰法の実施についてアンケートを行った調査¹⁸⁾の結果では、安定期には1日15分、増悪期には1日40分を2セッション行っていること、時間がなかったりいやであったり、不快感や疼痛を伴うなど、患者による受け入れはあまりよくない。

体位排痰法の安全性については、Bien ら¹⁹⁾が上腹部術後の肥満患者を対象に検討している。術後1日目に5分間の側臥位で動脈血酸素飽和度が低下したが、それ以降および半坐位、横向きでの15°頭低位を含めて、臨床的に意味のある低下ではなかったとしている。嚢胞性線維症の新生児や子どもにおいて、体位排痰法、特に頭低位によって胃食道逆流の回数が多くその時間が長い^{20,21)}ことが示されている。また、重篤な左室収縮機能低下の患者では30°頭低位は平所での体位排痰法よりも、血圧、脈拍、不整脈などの心血管反応が高い²²⁾とされている。人工呼吸器を装着した外傷患者に10分間の体位排痰法を行った場合、水平位では認められなかった収縮期血圧と中心静脈圧の上昇が、30°頭低位で出現したものの臨床的に許容内であった²³⁾と報告されている。気管内挿管中の患者では修正した排痰体位は、簡単で安全かつ効果的である²⁴⁾とされている。理学療法士を対象に行ったアンケート調査²⁵⁾では、心疾患患者に対して重症度にかかわらず修正した排痰体位が用いられていたとされる。その修正は、主に水平位を保つことであり、頭低位には注意がはらわれていた。

2011年の Ides らのシステマティックレビュー²⁶⁾では、COPD 患者において、体位排痰法単独の有効性は証拠が欠けているが、他の気道清浄化のための能動的な手技とともに施行すると有用であり得ること、特に末梢気道に対する重力の影響には疑問があることから、すべての患者に適用することはできず、慎重に行う必要があるとされている。

III. 徒手排痰手技

徒手排痰手技は、患者の胸郭に手掌を当て特に呼気に操作を加えるものであり、胸郭圧迫法 (chest compression therapy)、軽打法 (percussion)、振動法 (vibration)、揺すり法 (shaking) などがある。

1. 胸郭圧迫法 (chest compression therapy, rib-cage compression)

胸郭圧迫法は呼気圧迫法 (expiratory chest compression) と呼ばれ、本邦ではスクイーピング (squeezing) の名でよく知られている²⁷⁾。排痰体位を

とり気道内分泌物が貯留している部位の胸郭を呼気に合わせて圧迫する手技であり、呼気フローを速め、気道内分泌物を中枢側に移動させ、肺の拡張を促進し、酸素化を改善することが期待される²⁸⁾。健常者²⁹⁾や COPD 患者³⁰⁾ で検討されている他、多くは人工呼吸器管理された患者³¹⁻³⁸⁾ および患児³⁹⁾ で用いられている。また、胸郭圧迫法に用手換気を併用する方法が、1968年に Clement と Hübsch によってはじめて記述されて⁴⁰⁾以降、この併用を用いた報告⁴¹⁾ がなされている。

健常者においては、胸郭圧迫法を実施しているときに呼気終末肺容量は減少し、動的コンプライアンスが増し、1回換気量が増えて呼吸数が減る²⁹⁾ことが示されている。COPD 患者では、施行直後に酸素摂取量、二酸化炭素排出量が減少し呼吸困難感が軽減される²⁹⁾ことが報告されている。人工呼吸器管理された患者の検討では、施行の最中に、肺容量、最大吸気気道圧がわずかに減少する³¹⁾こと、最大呼気フローが増す^{34,37)}ことが示されている一方で、肺過膨張を減少させる効果が不十分である³¹⁾こと、1回換気量と呼吸数が変化しない³⁶⁾ことが明らかにされている。実施直後では、気道内分泌物の除去率が34.4%高くなった³⁴⁾、静的コンプライアンスが高まった^{34,38)}とされている。しかし、ガス交換に変化がなかった³⁸⁾との報告もある。胸郭圧迫法を行った後から25分の反応をみた検討では、気道内分泌物の移動、酸素化、換気能に対して効果がなかった²⁷⁾とされている。これに対して、1~40分後、30分後の1回換気量、分時換気量、動脈血酸素飽和度が増し、二酸化炭素排出量が減少した^{32,33)}、15分後、25分後の呼吸数が増えた³⁵⁾と報告されている。また、30分後の静的ならびに動的コンプライアンスが高まり、酸素飽和度が上昇した³²⁾との報告がある。血行動態に及ぼす影響については、1~40分後、30分後の心拍数や平均動脈圧が変化しなかった^{32,33)}とする報告と、15分後、25分後の収縮期血圧、脈拍数が高値となった³⁵⁾との報告がある。後者の報告では、低酸素血症、徐脈、低血圧を防ぐ、バイタルサインの正常範囲までの改善のための反応と解釈している³⁵⁾。人工呼吸器を装着した新生児での検討では、胸郭圧迫法は5回以上の人工呼吸器管理が必要であった児において施行後10分、40分、70分後の気道抵抗が低値となり、動的コンプライアンスが10分後のみで増加した³⁹⁾とされている。人工呼吸器装着患者に対し胸郭圧迫法に用手換気を併用した場合、吸引のみを行った群と比較して、1回換気量、プラトー圧、肺コンプライアンスに有意差がなかったこと、収縮期および拡張期血圧と心拍数が実施中に増したが5分後には元に戻ったこと、気道内分泌物の重量に差がなかった⁴¹⁾ことが示されている。

長期的な効果を検討した報告では、胸郭圧迫法に用手換気を併せて施行した場合、集中治療室 (intensive care unit: ICU) 退室までの期間が短く、急性肺傷が改善し、ウィーニングの成功率が上がった⁴²⁾とされている。

人工呼吸器管理された患者を対象に胸郭圧迫法の効果を検討した2017年の Borges らのメタアナリシス⁴³⁾では、心拍数が減少し収縮期および拡張期血圧が上昇するか変化がなく、喀痰量、静的ならびに動的コンプライアンス、吸入気酸素濃度に対する動脈血酸素分圧の比、酸素飽和度には変化がないと判断している。これらの結果からルーチンに行うエビデンスが欠けていると結論づけている。

2. 軽打法 (percussion)

軽打法は、カップ状にした手掌で胸壁をリズムカルに叩く手技である。本邦ではカップング (cupping)、クラッピング (clapping)、タッピング (tapping) などと称されることがある。排痰体位で呼気時に行い、気道内分泌物を気管支壁から遊離し、末梢から中枢側への移動を促して喀痰を促進することが期待される。

健常者を対象とした報告では、排痰体位で軽打法を行うと体位排痰法のみと比べて、1回換気量が増え、予備呼気量が減少し、酸素摂取量と二酸化炭素排出量が増加すること、呼吸数と分時換気量への影響が少ない⁴⁴⁾ことが示されている。健常者における反応をみた別の報告では、吸気量と心拍数が増加し、酸素摂取量や動脈血酸素分圧、分時換気量に変化がなく、血圧への影響がなかった⁴⁵⁾とされている。

気管支拡張症、慢性気管支炎、嚢胞性線維症の患者での検討では、ラジオエアロゾルの清浄化に寄与しないものの喀痰量が多かった⁴⁶⁾と報告されている。痰の産生量が非常に多い患者では、体位排痰法、強制呼出手技、深呼吸練習に軽打法を併用すると、痰の産生量が増し有用である⁴⁷⁾とされている。慢性気管支炎患者に30分間の体位排痰法と軽打法を行った検討では、血液ガスデータが変化せず、呼吸機能検査では最大呼気フローが変化しなかったものの努力性肺活量と1秒量が増加した⁴⁸⁾ことが示されている。気管支拡張症患者を対象に、体位排痰法を伴う軽打法を施行しその後30分間の安静をとらせると、動脈血酸素飽和度と呼吸機能に変化しなかったが気道内分泌物の移動が促され、心拍数の変化および重症な不整脈の発生がなく安全であった⁴⁹⁾とされている。細気管支炎で入院中の幼児に体位排痰法と軽打法、吸引を実施し10分後、60分後の経過をみたものでは、Respiratory Distress Assessment Instrument score が高くなり、動脈血酸

素飽和度には変化がなかった⁵⁰⁾ことが示されている。嚢胞性線維症患者での検討では、自律性排痰法との比較で喀痰の総量と呼吸機能に差がなく、排痰体位での軽打法の実施により低下した動脈血酸素飽和度が15分後には回復した⁵¹⁾こと、肺内パーカッション療法や高頻度胸壁圧迫法と比べて、乾燥させた喀痰の重量に差がなかった⁵²⁾との結果が得られている。嚢胞性線維症患者における気道清浄化についての2009年のガイドライン⁵³⁾は、体位排痰法に伴う軽打法に関して、採用した4論文中4論文すべてが痰の産生に有効であり、別の4論文中2論文が呼吸機能に好ましい効果をもたらした、2論文が治療しない場合と差を認めなかったとしている。

対して、慢性気管支炎患者を対象とした検討では、体位排痰法と咳嗽に軽打法を加えた場合に、気道清浄化が得られず1秒量が減少した⁵⁴⁾と報告されている。胃のステイプル手術を行った肥満患者では、間欠的陽圧呼吸とインセンティブスパイロメトリーのみを実施した対照群と比べて、これらに加えて体位排痰法と軽打法を行った群は、動脈血酸素分圧、努力性肺活量、在院日数に差がなかった⁵⁵⁾とされている。ICUで人工換気を行っている患者に体位排痰法と軽打法を実施すると、2時間後まで動脈血酸素飽和度の有意な低下はなかったが、利益はなかった⁵⁶⁾ことが示されている。2011年のIdesらのシステマティックレビュー²⁶⁾では、軽打法の効果は末梢気道まで届かないため、気道内分泌物の排出に効果がない可能性があるとされている。

さらに、急性重篤患者で体位排痰法と軽打法を併用すると、体位排痰法のみと比べて、動脈血酸素分圧が低下する者が多く、痰の産生が多くない者に対する軽打法の施行は、必須ではなく潜在的な危険性がある⁵⁷⁾とされている。ICUに収容された72名に対する体位排痰法に伴う軽打法を実施した検討では、8名(11.1%)が重症不整脈を、18名(25.0%)が軽症不整脈を併発した⁵⁸⁾と報告されている。不整脈の発生には、高齢であることと急性の心臓の不調があることが関連し、重症例では血圧の低下、呼吸数の低下、心拍数の増加を伴う⁵⁸⁾ことが示されている。2010年のTangらのシステマティックレビュー⁵⁹⁾では、急性増悪期のCOPD患者に対する軽打法について、有効性のエビデンスが認められず、安全性が示されていないと指摘されている。同2010年のHillらのシステマティックレビュー⁶⁰⁾は、軽打法は1秒量を低下させるとしている。

軽打法の周波数(Hz)や力(N)は、実施する理学療法士によって個人差がある⁶¹⁾ことが明らかにされている。しかし、排痰体位での徒手的な軽打法の実

施は機械による軽打法と比較して、喀痰の重量、最大呼気フロー、1秒量、努力性肺活量に差がなかった⁶²⁾とされている。強制呼出手技と横隔膜呼吸練習を加えた体位排痰法下での軽打法は、徒手的に行っても機械で行っても排痰の重量に差がなく、努力性肺活量と1秒量は徒手的な軽打法のみで増加した⁶³⁾と報告されている。

嚢胞性線維症患者において、長期的な排痰体位での軽打法の効果について、他の気道清浄化のための介入と比較検討がなされている。1年間の経過を追った報告は、呼気陽圧は呼吸機能を高めるが、体位排痰法と軽打法の併用は呼吸機能に影響しなかった⁶⁴⁾としている。別の報告では、1年間で呼吸機能が向上するが、それは自律性排痰法と差がなかった⁶⁵⁾とされる。4カ月毎に5回調査した排痰体位での軽打法では、アドヒランスが高い者46%、中等度の者40%、低い者14%であり、アドヒランスに影響するのはフラッターを使用した方法や高頻度胸壁振動法といった気道清浄化療法の種類であった⁶⁶⁾とされている。3年間追跡した検討では、調査の撤回率は、高頻度胸壁振動法9%、フラッターの使用26%、体位排痰法と軽打法の併用51%であった⁶⁷⁾と報告されている。3種類の介入では1秒量、抗生物質の必要度、他の肺療法に差はなく、また、アドヒランスや健康関連QOLにも差がなかった⁶⁷⁾とされている。総合的な満足度に関しては、体位排痰法と軽打法の併用が最も低かった⁶⁷⁾との結果が得られている。

3. 振動法 (vibration)

振動法は、胸壁に手掌を当て呼気時に12~20 Hzの振動を加える手技であり、排痰体位で施行する。軽打法と同様に、気道内分泌物を気管支壁から遊離し、末梢から中枢側への移動を促して喀痰を促進することが期待される。

気管支拡張症、慢性気管支炎、嚢胞性線維症患者⁴⁶⁾では振動法~揺すり法で、気管内挿管中の患者⁶⁸⁾では胸郭圧迫法に振動法を併用することで、喀痰量が増えることが示されている。慢性気管支炎患者⁶⁹⁾、人工呼吸器管理されている患者^{50,68)}で、振動法によって動脈血酸素飽和度の低下を認めていない。人工呼吸器装着患者では、最大気道内圧、呼吸数、平均動脈圧に変化はないが、1回換気量、動的肺コンプライアンス、心拍数が増加する⁶⁸⁾とされている。

2010年のTangらのシステマティックレビュー⁵⁹⁾では、急性増悪期のCOPD患者に対する振動法について、有効性のエビデンスが示されていないとされている。2011年のIdesらのシステマティックレビュー²⁶⁾は、

振動法は、COPD 患者の気道の清浄化に対して有効ではないこと、追加的な実施は主観的に快適な感じを与えリラクセーションの効果があるかもしれないことに言及している。2011年の Canadian Thoracic Society (CTS) のガイドライン⁷⁰⁾では、息切れを軽減するという強く支持するエビデンスがあると記述されている。そして、この機序として、肋間筋の筋紡錘の活動と関連している可能性があり、この結果として呼吸感覚が修飾されるためとしている。結論として、振動法は COPD 患者の呼吸困難感を減じるのを助けるので、進行した COPD 患者の呼吸困難感の管理に用いることが推奨される（エビデンスの質：グレード B, 推奨の強さ：グレード 2）とされている。

4. 揺すり法 (shaking)

揺すり法は、排痰体位をとり胸壁に当てた手掌で 2 Hz 程度の振動を加える手技である。期待される効果は振動法と同様であるが、加える振幅が大きいことで振動法と区別される。

揺すり法の実施によって、健常者では 1 回換気量が増し、呼気フローが速くなり、呼気時間が長くなるのに対して、中枢神経疾患患者では呼気フローのみが増す⁷¹⁾と報告されている。

5. スプリングング (springing)

スプリングングは別にスプリングアクション (spring action) と呼ばれる。手掌で呼気に合わせて胸壁を圧迫し、吸気を開始する瞬間に手掌を離し圧迫を解放して、胸郭の弾性を利用して吸気を促進する手技である。閉塞した末梢気道を開放しより末梢に空気を取り込むことができ、これによって気道内分泌物を中枢側に移動させることができると考えられている。

スプリングングは、吸気の初めに胸腔内の陰圧が高まり吸気を促進するが、吸気位を増加させない⁷²⁾と報告されている。

6. いくつかの手技の併用 (chest physical therapy)

徒手排痰手技は、多くの場合、体位排痰法と併用して行われ、各手技は同時に、あるいは交互に実施される。

嚢胞性線維症などの患者を対象に体位排痰法に加えて軽打法と振動法を施行した報告では、咳嗽のみ行った対照群と比較して、喀痰の総量と咳嗽の回数あたりの喀痰の量が多かった⁷³⁾ことが示されている。嚢胞性線維症患者と慢性気管支炎患者での検討では、30分間の体位排痰法と軽打法、振動法、咳嗽を組み合わせた介入によって、45分以内に努力性肺活量、1秒量、

最大呼気フロー、肺活量の50%と25%の呼気フローが向上し、低肺気量位での呼気フローが改善する⁷⁴⁾ことが報告されている。嚢胞性線維症に罹患した幼児を対象にした報告では、体位排痰法と軽打法、振動法、深呼吸、咳嗽の実施によって、30分後に最大呼気フローが増した⁷⁵⁾とされている。急性細気管支炎の幼児に修正した排痰体位で胸郭圧迫法、振動法、軽打法を用いた場合、48時間後、72時間後に、Wang's clinical score の一部が改善した⁷⁶⁾と報告されている。

これらの報告とは対照的に、嚢胞性線維症患者に対する体位排痰法と深呼吸、振動法、軽打法の実施は、体位排痰法単独や咳嗽のみと、気道内分泌物の移動が同程度であった⁷⁷⁾と報告されている。さらに、慢性気管支炎患者において、体位排痰法のみでは示されなかった1秒量の低下が、体位排痰法に併せて軽打法や振動法を行った場合に認められ、これは20分後には改善するものの一過性の気管支攣縮の発生を示す⁷⁸⁾とされている。

中・長期的な実施の効果をみたいくつかの報告がある。嚢胞性線維症患者を、体位排痰法、軽打法、振動法を併用する群と自転車エルゴメーターでトレーニングする群に振り分け比較した結果、入院から退院までの平均13日間で、努力性肺活量、1秒量、運動負荷試験の成績に群間差がなかった⁷⁹⁾と報告されている。嚢胞性線維症の幼児患者において、胸部理学療法（体位排痰法、軽打法、振動法、深呼吸、咳嗽）を行った群と行わなかった群とで比較した場合、非実施群は呼吸機能が低下したのに対して実施群は努力性肺活量と呼気フローが向上した⁷⁵⁾とされている。気管内挿管されたりされていない患者で、従来の胸部理学療法（体位変換、軽打法、振動法）と高頻度胸壁圧迫法のいずれかを行ったときに、在院日数、院内感染性肺炎の発症、入院中の死亡に差がなかったが、自覚する快適さと無気肺の発生は、高頻度胸壁圧迫法を行った方が好ましい結果であった⁸⁰⁾ことが示されている。

後述する自己喀痰を組み込んだ徒手排痰法の検討がなされている。喀痰量の多い患者（気管支拡張症、嚢胞性線維症、慢性喘息患者）を対象に、強制呼出手技のみ実施した条件とこれに体位排痰法を併用した条件、咳嗽のみを行った条件で比較した結果、いずれの条件ともラジオエアロゾルの清浄化、喀痰重量の増加に有効であった⁸¹⁾ことが示されている。排痰体位で強制呼出手技を行った条件は、強制呼出手技のみの条件よりも喀痰量が多かったが、いずれの条件とも咳嗽のみの条件よりも有効であり、標準的な胸部理学療法に組み込まれるべきである⁸¹⁾とされている。慢性気管支閉塞を伴う患者では、軽打法のみの条件、これ

に体位排痰法と咳嗽，呼吸練習を加えた条件，体位排痰法，咳嗽，呼吸練習を行った条件での比較で，気道清浄化は，後者の条件で差がなく軽打法のみの条件でわずかに高まったことから，軽打法は，効果が高くないものの咳嗽ができない，あるいは排痰体位をとれない患者に有益であるかもしれない⁸²⁾と考察されている。非常に痰の産生量の多い患者において，体位排痰法下での軽打法に強制呼出手技と深呼吸練習を組み合わせると，痰の産生量を増し，気道閉塞を助長せず動脈血酸素飽和度を低下させない⁴⁷⁾ことが報告されている。

長期効果として，急性増悪期の COPD 患者に，後述するアクティブサイクル呼吸法を含む呼吸コントロール，胸郭拡張運動，強制呼出手技を併用した場合，6カ月後の健康関連 QOL は変化しなかった⁸³⁾との報告がある。

人工呼吸器で呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure: PEEP) が加えられた患者での検討で，体位排痰法に軽打法や振動法を伴う胸郭圧迫法に加えて，咳嗽を行わせたり吸引したりした場合に，動脈血酸素分圧に変化がなく，レントゲン所見が68%の患者で改善した⁸⁴⁾と報告されている。冠動脈バイパス手術後，大血管・腹部手術後で人工呼吸器管理された患者では，側臥位への姿勢変換と軽打法ならびに振動法を施行した結果，酸素摂取量と二酸化炭素排出量，心拍数と収縮期血圧，動脈血二酸化炭素分圧がいずれも上昇し，代謝需要が高まる⁸⁵⁾ことが明らかにされている。

1995年の Thomas らのメタアナリシス⁸⁶⁾では，嚢胞性線維症患者に対する標準的な胸部理学療法 (体位排痰法，軽打法，振動法) は，喀痰量を増すとされている。2000年の Jones と Rowe のシステマティックレビュー⁸⁷⁾では，体位排痰法，軽打法，振動法，揺すり法などの効果を検討した7論文のうちの3論文が気道内分泌物の産生を増しエアロゾルの清浄化が高まったとしているが，全論文が呼吸機能の改善を認めず，また徒手的方法と機械での介入とで差がないとしている。

IV. 自己喀痰

自己喀痰の方法には，強制呼出手技 (forced expiration technique) と咳嗽 (cough) がある。咳嗽が弱い患者では咳嗽介助 (assisted cough) が行われる。また，これらを順に繰り返すアクティブサイクル呼吸法 (active cycle of breathing technique) も施行されている。体位排痰法や徒手の排痰手技で気道内分泌物が末梢気道から中枢側に移動してから行うと効果的と

されている。

1. 強制呼出手技 (forced expiration technique)

1968年に Thompson と Thompson によって考案された強制呼出手技⁸⁸⁾は，ハフティング (huffing) と呼吸コントロールを組み合わせた方法であるが，本邦ではハフティングとほぼ同義の用語として使用されている。ハフティングは，声門を開いたまま速い呼出を強制的に行う方法である。気道内分泌物の中枢側への移動と除去をすることが期待される。徒手的に介助するには，胸郭に手掌を当て強制呼出に合わせて圧迫し呼気流速を速める。

気道閉塞を伴う患者⁸⁹⁾，COPD 患者と気管支拡張症患者⁹⁰⁾を対象に，咳嗽か強制呼出手技を実施させると，対照条件よりも気道清浄化がもたらされることが示されている。嚢胞性線維症患者において，体位排痰法か呼気陽圧の実施に強制呼出手技を組み込むと，30分後と1時間後に4～5倍，気道の清浄化が図られる⁹¹⁾とされている。体位排痰法に強制呼出手技を併用した場合，嚢胞性線維症患者で機械あるいは徒手による軽打法を行うよりも早くに喀痰の重量が増す⁶²⁾こと，COPD 患者で呼気陽圧と強制呼出手技を組み合わせるよりも気道清浄化が顕著である⁹²⁾ことが報告されている。嚢胞性線維症患者に，体位排痰法，胸郭拡張運動，軽打法，胸郭圧迫法，咳嗽を自身で行わせた条件 (介入A) と，これらに強制呼出手技を組み入れた条件 (介入B)，さらに加えて理学療法士が軽打法と揺すり法を行った条件 (介入C) を比較した検討では，介入Aよりも強制呼出手技を含む介入Bの方が，喀痰重量が重く痰の産生が多かった⁹³⁾とされている。同じく嚢胞性線維症患者を対象とした報告では，患者自身による体位排痰法，胸郭拡張呼吸練習，咳嗽，ならびに理学療法士による軽打法，揺すり法 (介入X) と，患者自身による体位排痰法，強制呼出手技，胸郭拡張呼吸練習，咳嗽，軽打法，胸郭圧迫法 (介入Y) の効果が比較されている⁹⁴⁾。介入Xよりも介入Yの方が，介入時間が短く喀痰の重量が重かった²¹⁴⁾とされる。慢性気管支炎患者においては，呼気陽圧群 (呼気陽圧，呼吸練習，ハフティング，咳嗽) に比べて強制呼出手技群 (体位排痰法，呼吸練習，ハフティング，咳嗽) の方が，気道清浄化がよりもたらされる^{95,96)}ことが示されている。

即時効果以外の検討をした報告として，嚢胞性線維症患者は，体位排痰法と強制呼出手技を3日間行うと努力性肺活量，1秒量，最大呼気流速，最大吸気流速，50%の肺活量での呼気フロー，予備呼気量が上昇する⁹⁷⁾ことが明らかにされている。

これらの効果を認めた報告とは反対に、否定的な報告もみられる。嚢胞性線維症患者では、排痰体位で強制呼出手技を用いても呼吸機能が改善しなかった⁶²⁾、体位排痰法、軽打法、咳嗽を行った条件と比較して体位排痰法、強制呼出手技、呼吸練習を実施した条件で、気道清浄化、喀痰産生、呼吸機能に差がなかった⁹⁸⁾と報告されている。強制呼出手技に他の何の介入をすると効果的であるかを検討した報告では、強制呼出手技に、体位排痰法と胸郭拡張運動を加えて行った条件、呼気陽圧を加えた条件、自転車エルゴメーターでの運動を組み込んだ条件の3条件で、気道清浄化に差がなかった⁹⁹⁾とされている。気道閉塞患者では、ラジオエアロゾルを用いた検討で、咳嗽条件と強制呼出手技条件のいずれも、すべての肺局所で気道清浄化がもたらされたが、統計的に有意であったのは咳嗽による肺の中心局所だけであった¹⁰⁰⁾と報告されている。嚢胞性線維症患者で有効であったとする報告は、喘息患者では、体位排痰法、胸郭拡張運動、咳嗽、軽打法、揺すり法、リラクゼーション、横隔膜呼吸を行った条件と、これらに強制呼出手技を加えた条件とを比較し、気道清浄化、呼吸機能に差がなかった⁹³⁾としている。嚢胞性線維症患者では効果を認めたことから、体位排痰法に強制呼出手技を併用すると、より有効であるが気道閉塞患者については無効である⁹³⁾と結論づけている。痰の過剰産生を伴う患者においても、エアロゾルで気道清浄化を検討した結果、強制呼出手技のルーチンの使用は支持されない¹⁰¹⁾としている。

長期効果をみた検討では、体位排痰法に強制呼出手技と咳嗽を組み込んだ群は、呼気陽圧に強制呼出手技と咳嗽を併用した群との比較で、4週間の継続によって、喀痰容量、呼吸機能、咳き込みに差がなかった¹⁰²⁾とされている。

なお、ハフティングは咳嗽よりもエネルギー消費が少ないと考えられがちであるが、健常者での検討では、両者に差がなかった¹⁰³⁾とされている。

2011年の Ides らのシステマティックレビュー²⁶⁾は、強制呼出手技について、COPD 患者において長期間にわたる研究の数が少ないこと、たいていの場合他の手技と併用されるが呼気陽圧などと比べて安価であること、患者には胸郭の弾性力が必要であること、気道虚脱を防ぐために適切な患者教育が必須であることに言及している。

2. 咳嗽介助 (assisted cough)

自然に起こる咳嗽は、第1相：誘発、第2相：吸気、第3相：圧縮、第4相：呼気から成る。第1相における気道での刺激は感覚線維を通じて脳の咳嗽中枢へと

伝わる。第2相では第1相の伝達を受けて深い吸気が行われる。第3相では声門が閉じられ呼気筋の強力な収縮が生じる。第4相では声門が開くことで速い流速の空気の呼出がなされる。これによって、中枢気道に貯留した分泌物が除去される。

神経筋疾患患者をはじめとした呼吸筋の低下を伴う患者では、咳嗽時呼気流速が160 L/minを下回ると気道清浄化に制限が生じ、270 L/minを下回ると上気道感染中の呼吸不全を発症するリスクが高まる¹⁰⁴⁾とされる。また、肺活量が1,500 mLを下回っても、咳嗽時呼気流速を速める介入が必要となるかもしれない¹⁰⁵⁾。その場合、カフアシストを使用して、口と鼻を覆ったマスクから陽圧をかけて、吸気を補助し肺活量を高めるのに加えて、呼気に陰圧を発生させ咳嗽を介助する。

徒手の咳嗽介助は、咳嗽の第4相、すなわち、呼気相に移行する声門の開口に合わせて、胸壁に当てた手掌で胸郭を圧迫したり、腹部に当てた手で腹部を押し込んだりして咳嗽を介助する。神経筋疾患患者¹⁰⁶⁻¹⁰⁹⁾、脳卒中後の患者¹¹⁰⁾、頭部外傷患者¹¹⁰⁾、四肢麻痺患者¹¹¹⁾、COPD 患者¹¹²⁾、慢性心不全患者¹¹⁰⁾、胸腹部手術後の患者¹¹³⁾、人工換気中などのために呼吸筋が弱化した患者¹¹⁴⁾で実施されている。側弯症を伴っている呼吸筋弱患者で効果がなく、COPD 患者で咳嗽時呼気流速が低下した¹¹²⁾との報告以外、いずれの患者でも咳嗽時呼気流速が増した^{106-111,113)}とされている。

3. アクティブサイクル呼吸法 (active cycle of breathing technique)

アクティブサイクル呼吸法は、排痰したい肺局所を上にした姿勢をとり、強制呼出手技と咳嗽を組み入れて行う方法である。まず、横隔膜呼吸を3～4回行い呼吸をコントロールする。次に深呼吸を3～4回繰り返す。再び、横隔膜呼吸を3～4回行い、呼吸をコントロールする。排痰したい場所の胸郭に自分の手を置き、呼気に合わせて胸郭の動く方向に圧迫しながらハフティングを行う。分泌物が中枢気道に移動するまでこれを繰り返し、最後に咳嗽をして痰を喀出する。

気管支拡張症患者を対象に、アクティブサイクル呼吸法と排痰促進デバイスの1つであるアカペラとの効果を比較した検討では、喀痰の重量に差がなく、また、いずれも、予測値に対する1秒量、努力性肺活量、最大呼気フローならびに動脈血酸素飽和度に変化がなかった¹¹⁵⁾との否定的な結果が得られている。

しかし、複数の報告は有効性を認める結果を示している。嚢胞性線維症患者での検討では、数名が動脈血酸素飽和度が低下したが、25～75%の肺気量での努力性呼気フローが高かった¹¹⁶⁾とされている。COPD 患

者では、努力性肺活量と最大呼気フロー、運動能力、運動中の呼吸困難感が改善した¹¹⁷⁾と報告されている。気管支拡張症患者では、排痰体位でのアクティブサイクル呼吸法によって喀痰の重量が2倍となり、患者に受け入れられ耐え得る方法であるとされている¹¹⁸⁾。肺切除術患者の術前術後に、自己効力感増幅のためのアクティブサイクル呼吸法を行かせた結果、術後合併症の発生と在院日数に影響はなかったが、喀痰の重量が重く、運動についての自己効力感が高く、6分間歩行距離が長く、酸素吸入の期間が短く、入院費が安かった¹¹⁹⁾との結果が示されている。

長期的な施行の検討では、気管支拡張症患者に4週間、排痰促進デバイスであるフラッターの使用かアクティブサイクル呼吸法の実施をさせた報告¹²⁰⁾がある。喀痰の重量に差はなく、最大呼気フロー、換気機能、息切れ、健康関連QOLは変化しなかった¹²⁰⁾とされている。嚢胞性線維症患者に12カ月間、アクティブサイクル呼吸法、自律性排痰法、コルネット、フラッター、呼気陽圧のいずれかを用了場合、アクティブサイクル呼吸法では、健康関連QOLの呼吸困難感の領域のわずかな改善を認めたが、1秒量、body mass index (BMI)、運動能力に群間差はなかった¹²¹⁾と報告されている。

2009年の嚢胞性線維症患者に対する気道清浄化療法のガイドライン⁵³⁾では、喀痰産生について、アクティブサイクル呼吸法は、自律性排痰法と差がないとする1論文、振動性呼気陽圧より好ましいとする1論文と差がないとする1論文、高頻度胸郭圧迫より好ましいとする1論文があることが示されている。また、呼吸機能については、振動性呼気陽圧と差がないとする2論文、高頻度胸郭圧迫より好ましいとする1論文があるとしている。2011年のIdesらのCOPD患者を対象としたシステマティックレビュー²⁶⁾では、アクティブサイクル呼吸法の気道清浄化に及ぼす効果は自律性排痰法と同程度であること、COPD患者における検討が非常に少ないことが記述されている。2012年のLewisらのメタアナリシス¹²²⁾では、対照条件、従来の胸部理学療法、振動デバイス、アクティブサイクル呼吸法の4条件の比較で、アクティブサイクル呼吸法の条件は、実施している最中ならびに1時間後まで、喀痰の重量が重いとされている。2016年のコクランライブラリー¹²³⁾では、嚢胞性線維症患者について、種々の排痰手技と比較してアクティブサイクル呼吸法は、喀痰の重量、呼吸機能、酸素飽和度、運動耐容能、QOLに差がなく、アクティブサイクル呼吸法を支持するあるいは否定する十分なエビデンスはないと結論づけられている。

V. 排痰法のエビデンス

1995年のThomasらの嚢胞性線維症を対象としたメタアナリシス⁸⁶⁾は、標準的な胸部理学療法（体位排痰法、軽打法、振動法）は、何もしない対照条件よりも喀痰の量を増すとし、強制呼出手技を含む各種の手技は標準的胸部理学療法と差異がないと記述している。2000年のコクランライブラリー¹²⁴⁾は、嚢胞性線維症患者に対する胸部理学療法（体位排痰法、軽打法、振動法、揺すり法、ハフティング介助、咳嗽介助）の効果に言及している。胸部理学療法は、気道内分泌物の移動に対する即時効果があるが、長期効果（気道清浄化、QOL、生存）について明確なエビデンスはないとしている。2005年のコクランライブラリー¹²⁵⁾は、嚢胞性線維症患者について、従来の胸部理学療法（体位排痰法、軽打法、揺すり法、強制呼出手技、咳嗽）と他の介入とを比較している。呼吸機能と1年間の入院に差がないことを示し、アドヒランス、QOL、1年間の増悪、気道内分泌物の移動、換気機能、動脈血酸素飽和度、費用、栄養状態、死亡、有害事象、その他に関して詳細に記述している。2006年のBradleyらのレビュー¹²⁶⁾では、嚢胞性線維症患者を対象とした5つのコクランライブラリーを検討し、呼吸理学療法は、気道清浄化について短期効果があるが、長期効果は不明であること、従来の胸部理学療法が気道清浄化に対して他の介入と同程度に有効であることを示している。2009年の嚢胞性線維症患者のためのガイドライン⁵³⁾は、排痰法の長期的な影響を評価するための対照試験が不足しているけれども、様々な排痰法を嚢胞性線維症患者に使用した場合のエビデンスの質は全体的に相応であり、その利益は中程度であると判断し、すべての患者において気道清浄化を定期的実施することを推奨している。嚢胞性線維症患者がアクティブサイクル呼吸法を実施した場合の検討を行った2016年のコクランライブラリー¹²³⁾では、アクティブサイクル呼吸法について、喀痰の重量、呼吸機能、動脈血酸素飽和度、運動耐容能、QOLなどに対して、十分なエビデンスはないとされている。

2000年のJonesとRoweのシステマティックレビュー⁸⁷⁾では、体位排痰法、軽打法、振動法、揺すり法、咳嗽、強制呼出手技を気管支拡張症患者ならびにCOPD患者に行うエビデンスを得るためには、十分なサイズで質の高いランダム化比較試験（randomized controlled trial: RCT）が必要とされている。同2000年のコクランライブラリー¹²⁷⁾は、同じ2疾患患者において、気道清浄化のための理学療法によって、気道清浄

化がもたらされること、呼吸機能と動脈血酸素分圧への効果は不明であること、危険性についての検討が十分ではないことに言及している。2011年の Ides らのシステマティックレビュー²⁶⁾は、COPD 患者を対象とした種々の排痰法併用にはエビデンスがわずかにしかなく、長期的な効果についての検出力の高い RCT がなされる必要があるとしている。2012年のコクランライブラリー¹²⁸⁾では、気道清浄化手技が、急性増悪の発生に影響しないこと、健康関連 QOL を高めることが示唆されている。

COPD 患者の急性増悪期に排痰法を行う場合の検討をした2010年の2つのシステマティックレビューでは、一方が各種排痰法の多くの手技が喀痰、動脈血酸素分圧、呼吸機能、呼吸困難感、QOL に対してエビデンスがない⁵⁹⁾とし、他方が気道清浄化手技は呼吸機能、ガス交換を改善させる⁶⁰⁾としている。急性増悪期の COPD 患者で検討した2012年のコクランライブラリー¹²⁸⁾では、気道清浄化の手技の実施によって、人工呼吸器の使用の必要性和期間を減らし在院期間を短縮すること、急性増悪の発生、入院、健康関連 QOL に対しては影響しないことが記述されている。

2013年の Andrews らのシステマティックレビュー¹²⁹⁾では、嚢胞性線維症以外の入院患者、術後患者を対象に、従来の胸部理学療法、肺内パーカッション、呼吸陽圧などは、呼吸機能、ガス交換、酸素化、人工換気の必要性や期間にわずかな効果があることを示している。また、有害さは一貫して報告されておらず、記述のある報告では安全であるとされていることに触れている。同2013年の American Association for Respiratory Care のガイドライン¹³⁰⁾は、嚢胞性線維症患者以外の入院患者ならびに神経筋疾患、呼吸筋力低下、咳嗽の障害について、方針を示している。入院患者では、①胸部理学療法は、肺炎のルーチンな治療として使用することは推奨されない、②気道清浄化手技は、COPD 患者にルーチンに用いることが推奨されない、③気道清浄化手技は、COPD 患者が痰の貯留を自覚していること、患者の好み、耐容能力、および治療の有効性によって導入される、④患者が咳嗽で分泌物を移動することができる場合、気道清浄化手技は推奨されないが効果的な咳嗽の方法の指導は有用かもしれないとされている。神経筋疾患、呼吸筋力低下、または咳嗽障害のある成人および小児患者では、①特に咳嗽時呼気流速が270 L/min未満の場合、徒手的ならびに機械的な咳嗽介助を使用する必要がある、②早期離床および歩行は術後合併症の発生を減らし気道清浄化を促進するために推奨される、③気道清浄化手技は術後のケアとしてルーチンに行うことは推奨されない

とされている。

2013年のオーストラリアでの理学療法士189名を対象としたアンケート調査¹³¹⁾によれば、急性増悪期の COPD 患者に対して65%の者が呼吸理学療法を実施していることが明らかにされている。その内訳は身体運動 (89%) に次いで、強制呼出手技 (81%)、アクティブサイクル呼吸法 (79%) であったとされている。大部分の理学療法士は有効であると評価し、エビデンスの理解について支持的であったのは43%であったと報告されている。

VI. おわりに

呼吸理学療法におけるコンディショニングの1つに排痰法 (体位排痰法、徒手的排痰法、自己喀痰) があり、これらの方法、期待される効果、検討されてきた効果、エビデンスについて概観した。排痰法の対象者は、呼吸器疾患の重症な患者や急性増悪期患者、周術期患者、進行した神経筋疾患患者、人工呼吸器管理を要する患者など多彩である。疾患特異性や重症度によって用いられる方法は異なってくる。目的とする効果は短期的に評価されるのみではなく、運動耐容能、ADL、QOL、在院日数、急性増悪の発生、再入院、死亡など長期的に吟味される必要がある。多くの検討が集積されエビデンスが示されているが、一致した見解には至っていない。多標本でみるサイエンスが重要である一方で、ルーチンにコンディショニングを実施するのではなく、患者の個別性に応じて安全性に配慮しつつ理学療法士が関与するアートの側面も大切であると考える。呼吸理学療法における排痰法のエビデンスは、ルーチンに実施することを必ずしも推奨していない。

文 献

- 1) American Association for Respiratory Care: AARC clinical practice guideline: postural drainage therapy. *Respir Care* 36 (12) : 1418-1426, 1991
- 2) Nelson HP: Postural drainage of the lungs. *Br Med J* 2 (3840) : 251-255, 1934
- 3) Elwell LB: Continuous postural drainage. *Med J Aust* 2 (14) : 391, 1948
- 4) Elwell LB: Continuous postural drainage: an essential principle in the treatment of diseases of the respiratory tract. *Med J Aust* 1 (15) : 804-809, 1949
- 5) Matilde INE, Edi RAC, et al.: Bronchial hygiene techniques in patients on mechanical ventilation: what are used and why? *Einstein* 16 (1) : 2018

- 6) Maloney FP, Fernandez E, et al.: Postural drainage effect after bronchodilator inhalation in patients with chronic airway obstruction. *Arch Phys Med Rehabil* 62 (9) : 452-455, 1981
- 7) Nigam BK: Bronchial drainage prior to bronchography – a possible modification. *Thrac Cardiovasc Surg* 31 (1) : 49, 1983
- 8) Sutton PP, Parker RA, et al.: Assessment of the forced expiration technique, postural drainage and directed coughing in chest physiotherapy. *Eur J Respir Dis* 64 (1) : 62-68, 1983
- 9) Verboon JM, Bakker W, et al.: The value of the forced expiration technique with and without postural drainage in adults with cystic fibrosis. *Eur Respir Dis* 69 (3) : 169-174, 1986
- 10) Law D, Kosloske AM: Management of tracheobronchial foreign bodies in children: a reevaluation of postural drainage and bronchoscopy. *Pediatrics* 58 (3) : 362-367, 1976
- 11) Oldenburg FA, Dolovich MB, et al.: Effects of postural drainage, exercise, and cough on mucus clearance in chronic bronchitis. *Am Rev Respir Dis* 120 (4) : 739-745, 1979
- 12) Fenton MV, Gieske SS: Relationship of the head-down position of postural drainage to lung parameters in chronic obstructive lung disease. *Nurs Res* 18 (4) : 366-371, 1969
- 13) March H: Appraisal of postural drainage for chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil* 52 (11) : 528-530, 1971
- 14) Tecklin JS, Holsclaw DS: Evaluation of bronchial drainage in patients with cystic fibrosis. *Phys Ther* 55 (10) : 1081-1084, 1975
- 15) Tecklin JS, Holsclaw DS: Bronchial drainage with aerosol medications in cystic fibrosis. *Phys Ther* 56 (9) : 999-1003, 1976
- 16) Kodric M, Garuti G, et al.: The effectiveness of a bronchial drainage technique (ELTGOL) in COPD exacerbations. *Respirology* 14 (3) : 424-428, 2009
- 17) Ntoumenopoulos G, Gild A, et al.: The effect of manual lung hyperinflation and postural drainage on pulmonary complications in mechanically ventilated trauma patients. *Anaesth Intensive Care* 26 (5) : 492-496, 1998
- 18) Currie DC, Munro C, et al.: Practice, problems and compliance with postural drainage: a survey of chronic sputum producers. *Br J Dis Chest* 80 (3) : 249-253, 1986
- 19) Bien MY, Zadai CC, et al.: The effect of selective drainage positions on oxygen saturation in obese patients after upper abdominal surgery. *Chin Med J* 51 (3) : 183-192, 1993
- 20) Button BM, Heine RG, et al.: Postural drainage and gastro-oesophageal reflux in infants with cystic fibrosis. *Arch Dis Child* 76 (2) : 148-150, 1997
- 21) Button BM, Heine RG, et al.: Postural drainage in cystic fibrosis: is there a link with gastro-oesophageal reflux? *J Paediatr Child Health* 34 (4) : 330-334, 1998
- 22) Naylor JM, McLean A, et al.: A modified postural drainage position produces less cardiovascular stress than a head-down position in patients with severe heart disease: a quasi-experimental study. *Aust J Physiother* 52 (3) : 201-209, 2006
- 23) Hongrattana G, Reungjui P, et al.: Acute hemodynamic responses to 30° head-down postural drainage in stable, ventilated trauma patients: a randomized crossover trial. *Heart Lung* 43 (5) : 399-405, 2014
- 24) Takahashi N, Murakami G, et al.: Anatomic evaluation of postural bronchial drainage of the lung with special reference to patients with tracheal intubation. *Chest* 125 (3) : 935-944, 2004
- 25) Naylor JM, Heard R, et al.: Physiotherapist attitudes and practices regarding head-down and modified postural drainage in the presence of heart disease. *Physiother Theory Pract* 21 (2) : 121-135, 2005
- 26) Ides K, Vissers D, et al.: Airway clearance in COPD: need for a breath of fresh air? a systematic review. *COPD* 8 (3) : 196-205, 2011
- 27) Unoki T, Kawasaki Y, et al.: Effects of expiratory rib-cage compression on oxygenation, ventilation, and airway-secretion removal in patients receiving mechanical ventilation. *Respir Care* 50 (11) : 1430-1437, 2005
- 28) Fink JB: Expiratory chest compression for atelectasis: no harm, no foul – oops! *Respir Care* 49 (8) : 894, 2004
- 29) Mase K, Yamamoto K, et al.: Changes in ventilation mechanics during expiratory rib cage compression in healthy males. *J Phys Ther Sci* 30 (6) : 820-824, 2018
- 30) Ichiba T, Miyagawa T, et al.: Effect of manual chest wall compression in participants with chronic

- obstructive pulmonary disease. *J Phys Ther Sci* 30 (11) : 1349-1354, 2018
- 31) Van der Touw T, Mudaliar Y, et al.: Cardiorespiratory effects of manually compressing the rib cage during tidal expiration in mechanically ventilated patients recovering from acute severe asthma. *Crit Care Med* 26 (8) : 1361-1367, 1998
- 32) Santos FR, Schneider Júnior LC, et al.: Effects of manual rib-cage compression versus PEEP-ZEEP maneuver on respiratory system compliance and oxygenation in patients receiving mechanical ventilation. *Rev Bras Ter Intensiva* 21 (2) : 155-161, 2009
- 33) Della Via F, Oliveira RA, et al.: Effects of manual chest compression and decompression maneuver on lung volumes, capnography and pulse oximetry in patients receiving mechanical ventilation. *Rev Bras Fisioter* 16 (5) : 354-359, 2012
- 34) Guimarães FS, Lopes AJ, et al.: Expiratory rib cage compression in mechanically ventilated subjects: a randomized crossover trial. *Respir Care* 59 (5) : 678-685, 2014
- 35) Bousarri MP, Shirvani Y, et al.: The effect of expiratory rib cage compression before endotracheal suctioning on the vital signs in patients under mechanical ventilation. *Iran J Nurs Midwifery Res* 19 (3) : 285-289, 2014
- 36) Morino A, Shida M, et al.: Comparison of changes in tidal volume associated with expiratory rib cage compression and expiratory abdominal compression in patients on prolonged mechanical ventilation. *J Phys Ther Sci* 27 (7) : 2253-2256, 2015
- 37) Nozoe M, Mase K, et al.: Effects of chest wall compression on expiratory flow rates in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Braz J Phys Ther* 20 (2) : 158-165, 2016
- 38) Gonçalves EC, Souza HC, 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* 42 (2) : 295-296, 2016
- 39) Santos ML, Souza LA, et al.: Results of airway clearance techniques in respiratory mechanics of preterm neonates under mechanical ventilation. *Rev Bras Ter Intensiva* 21 (2) : 183-189, 2009
- 40) Clement AJ, Hübsch SK: Chest physiotherapy by the 'bag squeezing' method: a guide to technique. *Physiotherapy* 54 (10) : 355-359, 1968
- 41) Dias CM, Siqueira TM, et al.: Bronchial hygiene technique with manual hyperinflation and thoracic compression: effectiveness and safety. *Rev Bras Ter Intensiva* 23 (2) : 190-198, 2011
- 42) Berti JS, Tonon E, et al.: Manual hyperinflation combined with expiratory rib cage compression for reduction of length of ICU stay in critically ill patients on mechanical ventilation. *J Bras Pneumol* 38 (4) : 477-486, 2012
- 43) Borges LF, Saraiva MS, et al.: Expiratory rib cage compression in mechanically ventilated adults: systematic review with meta-analysis. *Rev Bras Ter Intensiva* 29 (1) : 96-104, 2017
- 44) Leelarungrayub J, Eungpinichpong W, et al.: Effects of manual percussion during postural drainage on lung volumes and metabolic status in healthy subjects. *J Bodyw Mov Ther* 20 (2) : 356-363, 2016
- 45) Dallimore K, Jenkins S, et al.: Respiratory and cardiovascular responses to manual chest percussion in normal subjects. *Aust J Physiother* 44 (4) : 267-274, 1998
- 46) Sutton PP, Lopez-Vidriero MT, et al.: Assessment of percussion, vibratory-shaking and breathing exercise in chest physiotherapy. *Eur J Respir Dis* 66 (2) : 147-152, 1985
- 47) Gallon A: Evaluation of chest percussion in the treatment of patients with copious sputum production. *Respir Med* 85 (1) : 45-51, 1991
- 48) May DB, Munt PW: Physiologic effects of chest percussion and postural drainage in patients with stable chronic bronchitis. *Chest* 75 (1) : 29-32, 1979
- 49) Mazzocco MC, Owens GR, et al.: Chest percussion and postural drainage in patients with bronchiectasis. *Chest* 88 (3) : 360-363, 1985
- 50) Remondini R, Santos AZ, et al.: Comparative analysis of the effects of two chest physical therapy interventions in patients with bronchiolitis during hospitalization period. *Einstein* 12 (4) : 452-458, 2014
- 51) Giles DG, Wagener JS, et al.: Short-term effects of postural drainage with clapping vs autogenic drainage on recovery in patients with cystic fibrosis. *Chest* 108 (4) : 952-954, 1995
- 52) Varekojis SM, Douce FH, et al.: A comparison of the therapeutic effectiveness of and preference for postural drainage and percussion, intrapulmonary

- percussive ventilation, and high-frequency chest wall compression in hospitalized cystic fibrosis patients. *Respir Care* 48 (1) : 24-28, 2003
- 53) Flume PA, Robinson KA, et al.: Cystic fibrosis pulmonary guidelines: airway clearance therapies. *Respir Care* 54 (4) : 522-537, 2009
- 54) Wollmer P, Ursing K, et al.: Inefficiency of chest percussion in the physical therapy of chronic bronchitis. *Eur J Respir Dis* 66 (4) : 233-239, 1985
- 55) Torrington KG, Sorenson DE, et al.: Postoperative chest percussion with postural drainage in obese patients following gastric stapling. *Chest* 86 (6) : 891-895, 1984
- 56) Poelaert J, Lannoy B, et al.: Influence of chest physiotherapy on arterial oxygen saturation. *Acta Anaesthesiol Belg* 42 (3) : 165-170, 1991
- 57) Connors Jr AF, Hammon WE, et al.: Chest physical therapy: the immediate effect on oxygenation in acutely ill patients. *Chest* 78 (4) : 559-564, 1980
- 58) Hammon WE, Connors Jr AF, et al.: Cardiac arrhythmias during postural drainage and chest percussion of critically ill patients. *Chest* 102 (6) : 1836-1841, 1992
- 59) Tang CY, Taylor NF, et al.: Chest physiotherapy for patients admitted to hospital with an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) : a systematic review. *Physiotherapy* 96 (1) : 1-13, 2010
- 60) Hill K, Patman S, et al.: Effect of airway clearance techniques in patients experiencing an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Chron Respir Dis* 7 (1) : 9-17, 2010
- 61) Blazey S, Jenkins S, et al.: Rate and force of application of manual chest percussion by physiotherapists. *Aust J Physiother* 44 (4) : 257-264, 1998
- 62) Murphy MB: Chest percussion: help or hindrance to postural drainage? *Irish Med J* 76 (4) : 189-190, 1983
- 63) Pryor JA, Parker RA, et al.: A comparison as mechanical and manual percussion as adjuncts to postural drainage in the treatment of cystic fibrosis in adolescents and adults. *Physiotherapy* 67 (5) : 140-141, 1981
- 64) McIlwaine PM, Wong LT, et al.: Long-term comparative trial of conventional postural drainage and percussion versus positive expiratory pressure physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis. *J Pediatr* 131 (4) : 570-574, 1997
- 65) McIlwaine M, Wong LT, et al.: Long-term comparative trial of two different physiotherapy techniques: postural drainage with percussion and autogenic drainage, in the treatment of cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 45 (11) : 1064-1069, 2010
- 66) Modi AC, Cassedy AE, et al.: Trajectories of adherence to airway clearance therapy for patients with cystic fibrosis. *J Pediatr Psychol* 35 (9) : 1028-1037, 2010
- 67) Sontag MK, Quittner AL, et al.: Lessons learned from a randomized trial of airway secretion clearance techniques in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 45 (3) : 291-300, 2010
- 68) Naue Wda S, da Silva AC, et al.: Increasing pressure support does not enhance secretion clearance if applied during manual chest wall vibration in intubated patients: a randomised trial. *J Physiother* 57 (1) : 21-26, 2011
- 69) Rivington-Law BA, Epstein SW, et al.: Effect of chest wall vibrations on pulmonary function in chronic bronchitis. *Chest* 85 (3) : 378-381, 1984
- 70) Marciniuk DD, Goodridge D, et al.: Managing dyspnea in patients with advanced chronic obstructive pulmonary disease: a Canadian Thoracic Society clinical practice guideline. *Can Respir J* 18 (2) : 69-78, 2011
- 71) Kurita H, Nitta O, et al.: Ventilatory effects of manual breathing assist technique (MBAT) and shaking in central nervous system disease sufferers. *J Phys Ther Sci* 22 (2) : 209-215, 2010
- 72) 山根緑, 村上茂史・他: 換気力学的にみたスプリング手技の効果. *臨床理学療法研究* 32: 35-39, 2015
- 73) Lorin MI, Denning CR: Evaluation of postural drainage by measurement of sputum volume and consistency. *Am J Phys Med* 50 (5) : 215-219, 1971
- 74) Feldman J, Traver GA, et al.: Maximal expiratory flows after postural drainage. *Am Rev Respir Dis* 119 (2) : 239-245, 1979
- 75) Desmond KJ, Schwenk WF, et al.: Immediate and long-term effects of chest physiotherapy in patients with cystic fibrosis. *J Pediatr* 103 (4) : 538-542, 1983
- 76) Gomes ÉL, Postiaux G, et al.: Chest physical therapy is effective in reducing the clinical score in bronchiolitis: randomized controlled trial. *Rev Bras*

- Fisioter 16 (3) : 241-247, 2012
- 77) Rossman CM, Waldes R, et al.: Effect of chest physiotherapy on the removal of mucus in patients with cystic fibrosis. *Am Rev Respir Dis* 126 (1) : 131-135, 1982
- 78) Campbell AH, O'Connell JM, et al.: The effect of chest physiotherapy upon the FEV1 in chronic bronchitis. *Med J Aust* 1 (2) : 33-35, 1975
- 79) Cerny FJ: Relative effects of bronchial drainage and exercise for in-hospital care of patients with cystic fibrosis. *Phys Ther* 69 (8) : 633-639, 1989
- 80) Clinkscale D, Spihlman K, et al.: A randomized trial of conventional chest physical therapy versus high frequency chest wall compressions in intubated and non-intubated adults. *Respir Care* 57 (2) : 221-228, 2012
- 81) Sutton PP, Parker RA, et al.: Assessment of the forced expiration technique, postural drainage and directed coughing in chest physiotherapy. *Eur J Respir Dis* 64 (1) : 62-68, 1983
- 82) van der Schans CP, Piers DA, et al.: Effect of manual percussion on tracheobronchial clearance in patients with chronic airflow obstruction and excessive tracheobronchial secretion. *Thorax* 41 (6) : 448-452, 1986
- 83) Cross JL, Elender F, et al.: Evaluation of the effectiveness of manual chest physiotherapy techniques on quality of life at six months post exacerbation of COPD (MATREX) : a randomised controlled equivalence trial. *BMC Pulm Med* 12: 2012
- 84) Mackenzie CF, Shin B, et al.: Chest physiotherapy: the effect on arterial oxygenation. *Anesth Analg* 57 (1) : 28-30, 1978
- 85) Horiuchi K, Jordan D, et al.: Insights into the increased oxygen demand during chest physiotherapy. *Crit Care Med* 25 (8) : 1347-1351, 1997
- 86) Thomas J, Cook DJ, et al.: Chest physical therapy management of patients with cystic fibrosis: a meta-analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 151 (3 Pt 1) : 846-850, 1995
- 87) Jones A, Rowe BH: Bronchopulmonary hygiene physical therapy in bronchiectasis and chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Heart Lung* 29 (2) : 125-135, 2000
- 88) Thompson B, Thompson HT: Forced expiration exercise in asthma and their effect on FEV1. *NZ J Physiother* 3: 19-21, 1968
- 89) Hasani A, Pavia D, et al.: Regional muscle transport following unproductive cough and forced expiration technique in patients with airways obstruction. *Chest* 105 (5) : 1420-1425, 1994
- 90) Hasani A, Pavia D, et al.: Regional lung clearance during cough and forced expiration technique (FET) : effects of flow and viscoelasticity. *Thorax* 49 (6) : 557-561, 1994
- 91) Mortensen J, Falk M, et al.: The effects of postural drainage and positive expiratory pressure physiotherapy on tracheobronchial clearance in cystic fibrosis. *Chest* 100 (5) : 1350-1357, 1991
- 92) Olséni L, Midgren B, et al.: Chest physiotherapy in chronic obstructive pulmonary disease: forced expiratory technique combined with either postural drainage or positive expiratory pressure breathing. *Respir Med* 88 (6) : 435-440, 1994
- 93) Pryor JA, Webber BA: An evaluation of the forced expiration technique as an adjunct to postural drainage. *Physiotherapy* 65 (10) : 304-307, 1979
- 94) Pryor JA, Webber BA, et al.: Evaluation of the forced expiration technique as an adjunct to postural drainage in treatment of cystic fibrosis. *Br Med J* 2 (6187) : 417-418, 1979
- 95) van Hengstum M, Festen J, et al.: The effect of positive expiratory pressure versus forced expiration technique on tracheobronchial clearance in chronic bronchitics. *Scand J Gastroenterol* 23 (suppl 143) : 114-118, 1988
- 96) van Hengstum M, Festen J, et al.: Effect of positive expiratory pressure mask physiotherapy (PEP) versus forced expiration technique (FET/PD) on regional lung clearance in chronic bronchitics. *Eur Respir J* 4 (6) : 651-654, 1991
- 97) Webber BA, Hofmeyr JL, et al.: Effects of postural drainage, incorporating the forced expiration technique, on pulmonary function in cystic fibrosis. *Br J Dis Chest* 80 (4) : 353-359, 1986
- 98) van Hengstum M, Festen J, et al.: Conventional physiotherapy and forced expiration manoeuvres have similar effects on tracheobronchial clearance. *Eur Respir J* 1 (8) : 758-761, 1988
- 99) Lannefors L, Wollmer P: Mucus clearance with three chest physiotherapy regimes in cystic fibrosis: a comparison between postural drainage, PEP and physical exercise. *Eur Respir J* 5 (6) : 748-753, 1992
- 100) Hasani A, Pavia D, et al.: The effect of unproductive

- coughing/FET on regional mucus movement in the human lungs. *Respir Med* 85 (suppl A) : 23-26, 1991
- 101) Middleton E, Clout C, et al.: The effect of forced expiration on the uniformity of ^{99m}Tc -DTPA aerosol ventilation images in patients with excess sputum production. *Nucl Med Commun* 11 (8) : 557-563, 1990
- 102) Van Asperen PP, Jackson L, et al.: Comparison of a positive expiratory pressure (PEP) mask with postural drainage in patients with cystic fibrosis. *Aust Paediatr J* 23 (5) : 283-284, 1987
- 103) Pontifex E, Williams MT, et al.: The effect of huffing and directed coughing on energy expenditure in young asymptomatic subjects. *Aust J Physiother* 48 (3) : 209-213, 2002
- 104) Bach JR, Ishikawa Y, et al.: Prevention of pulmonary morbidity for patients with Duchenne muscular dystrophy. *Chest* 112 (4) : 1024-1028, 1997
- 105) Kang SW, Bach JR: Maximum insufflations capacity: vital capacity and cough flows in neuromuscular disease. *Am J Phys Med Rehabil* 79 (3) : 222-227, 2000
- 106) Bach JR: Mechanical insufflation-exsufflation: comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* 104 (5) : 1553-1562, 1993
- 107) Kang SW, Kang YS, et al.: Assisted cough and pulmonary compliance in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Yonsei Med J* 46 (2) : 233-238, 2005
- 108) Toussaint M, Boitano LJ, et al.: Limits of effective cough-augmentation techniques in patients with neuromuscular disease. *Respir Care* 54 (3) : 359-366, 2009
- 109) Sancho J, Servera E, et al.: Effectiveness of assisted and unassisted cough capacity in amyotrophic lateral sclerosis patients. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener* 18 (7-8) : 498-504, 2017
- 110) Silva AR, Fluhr SA, et al.: Expiratory peak flow and respiratory system resistance in mechanically ventilated patients undergoing two different forms of manually assisted cough. *Rev Bras Ter Intensiva* 24 (1) : 58-63, 2012
- 111) Kirby NA, Barnerias MJ, et al.: An evaluation of assisted cough in quadriparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 47 (1) : 705-710, 1966
- 112) Sivasothy P, Brown L, et al.: Effect of manually assisted cough and mechanical insufflation on cough flow of normal subjects, patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and patients with respiratory muscle weakness. *Thorax* 56 (6) : 438-444, 2001
- 113) 柳澤幸夫, 松尾善美・他: 上腹部外科術後における咳嗽介助が咳嗽能力および創部痛に及ぼす効果. *理学療法科学* 27 (1) : 67-71, 2012
- 114) Ntoumenopoulos G, Berry M, et al.: Effects of manually-assisted cough combined with postural drainage, saline instillation and airway suctioning in critically-ill patients during high-frequency oscillatory ventilation: a prospective observational single centre trial. *Phys Ther Pract* 30 (5) : 306-311, 2014
- 115) Patterson JE, Bradley JM, et al.: Airway clearance in bronchiectasis: a randomized crossover trial of active cycle of breathing techniques versus Acapella. *Respiration* 72 (3) : 239-242, 2005
- 116) Miller S, Hall DO, et al.: Chest physiotherapy in cystic fibrosis: a comparative study of autogenic drainage and the active cycle of breathing techniques with postural drainage. *Thorax* 50 (2) : 165-169, 1995
- 117) Savci S, Ince DI, et al.: A comparison of autogenic drainage and the active cycle of breathing techniques in patients with chronic obstructive pulmonary diseases. *J Cardiopulm Rehabil* 20 (1) : 37-43, 2000
- 118) Eaton T, Young P, et al.: A randomized evaluation of the acute efficacy, acceptability and tolerability of Flutter and active cycle of breathing with and without postural drainage in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Chron Respir Dis* 4 (1) : 23-30, 2007
- 119) Yang M, Zhong J, et al.: Effect of the self-efficacy-enhancing active cycle of breathing technique on lung cancer patients with lung resection: a quasi-experimental trial. *Eur J Oncol Nurs* 34: 2018
- 120) Thompson CS, Harrison S, et al.: Randomised crossover study of the Flutter device and the active cycle of breathing technique in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Thorax* 57 (5) : 446-448, 2002
- 121) Pryor JA, Tannenbaum E, et al.: Beyond postural drainage and percussion: airway clearance in people with cystic fibrosis. *J Cystic Fibrosis* 9 (3) : 187-192, 2010
- 122) Lewis LK, Williams MT, et al.: The active cycle of breathing technique: a systematic review and meta-analysis. *Respir Med* 106 (2) : 155-172, 2012
- 123) Mckoy NA, Wilson LM, et al.: Active cycle of

- breathing technique for cystic fibrosis. Cochrane Database Syst Rev: 2016
- 124) van der Schans CP, Prasad A, et al.: Chest physiotherapy compared to no chest physiotherapy for cystic fibrosis. Cochrane Database Syst Rev: 2000
- 125) Main E, Prasad A, et al.: Conventional chest physiotherapy compared to other airway clearance techniques for cystic fibrosis. Cochrane Database Syst Rev: 2005
- 126) Bradley JM, Moran FM, et al.: Evidence for physical therapies (airway clearance and physical training) in cystic fibrosis: an overview of five Cochrane systematic reviews. *Respir Med* 100 (2) : 191-201, 2006
- 127) Jones AP, Rowe BH: Bronchopulmonary hygiene physical therapy for chronic obstructive pulmonary disease and bronchiectasis. Cochrane Database Syst Rev: 2000
- 128) Osadnik CR, McDonald CF, et al.: Airway clearance techniques for chronic obstructive pulmonary disease. Cochrane Database Syst Rev: 2012
- 129) Andrews J, Sathe NA, et al.: Nonpharmacologic airway clearance techniques in hospitalized patients: a systematic review. *Respir Care* 58 (12) : 2160-2186, 2013
- 130) American Association for Respiratory Care: AARC clinical practice guideline: effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. *Respir Care* 58 (12) : 2187-2193, 2013
- 131) Osadnik CR, McDonald CF, et al.: Airway clearance techniques in acute exacerbations of COPD: a survey of Australian physiotherapy practice. *Physiotherapy* 99 (2) : 101-106, 2013

Conditioning in respiratory physical therapy: Endotracheal clearance

Makoto SASAKI

Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Akita University

Abstract

Conditioning is one component of respiratory physical therapy for patients with respiratory disorders. It is carried out as a pretreatment for exercise training and daily living practice exercises, or for the purpose of accelerating recovery later. Alternatively, it is performed with a great emphasis on prevention for patients with severe respiratory disease or patients in whom the depression of the respiratory function has advanced. The purpose of this review is to investigate the methods, expected effects and evidence for each procedure to achieve endotracheal clearance. The endotracheal clearance method includes postural drainage, manual sputum clearance (chest compression therapy, percussion, vibration, shaking, etc.), self-sputum clearance (forced expiration technique, cough, active cycle of breathing technique). If self-sputum clearance is difficult, it can be assisted by compressing the chest wall while exhaling air from the lungs. As there is not enough evidence to support or reject the short-term and long-term effects of any procedure, it is thought that it is important to carry out while considering the patient's safety and individual needs, not by routine.