

総説：秋田大学保健学専攻紀要27(1)：73-87, 2019

呼吸理学療法におけるコンディショニング ー リラクゼーション, 呼吸練習, 胸郭可動域運動 ー

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、リラクゼーション、呼吸練習、胸郭可動域運動について、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。リラクゼーションは、方法の選択や障害を有する患者の特性によって効果の有無や程度に差がある。呼吸練習のうちの口すぼめ呼吸は、主に慢性閉塞性肺疾患患者で推奨され、低い～中等度の質のレベルで効果が認められている。呼吸練習のうちのもう1つの横隔膜呼吸は、長期効果に疑問が残されるが一部の患者で短期効果があるかもしれない。胸郭可動域運動は、効果が示されているが、エビデンスを示すまでには至っていない。いずれの項目も患者の個別性に依拠して行うことが大切である。

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。内容にはリラクゼーション、呼吸練習、胸郭可動域運動、排痰法が含まれる。精神的・身体的にリラックスさせ、呼吸筋の活動を効率化させ、胸郭の柔軟性を改善し、気道内分泌物を除去するなどして、呼吸困難感を軽減させ、また呼吸器合併症の発生や進展を防ぐ効果とこれらによる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コンディショニングのうちのリラクゼーション、呼吸練習、胸郭可動

域運動について、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. リラクゼーション (relaxation)

呼吸機能障害を有する者の多くは、呼吸困難感により全身的に筋緊張が亢進する。また、努力性の呼吸により通常呼吸にかかわっている横隔膜や肋間筋の他に胸鎖乳突筋、斜角筋、胸筋、腹斜筋、腹直筋、鋸筋などの呼吸補助筋が作用する。努力性の呼吸はこれら呼吸補助筋の動員によって胸郭の動きを増大し換気を増やすが、この状態が長期間続くと、筋が疲労し筋緊張の持続的亢進によって硬直や短縮が生じる。緊張した筋は酸素摂取量が多く¹⁾、短縮した筋は胸郭の動きの増大に有効に作用せず、逆に胸郭の可動範囲を制限する。その結果、速くて浅い呼吸をすることになり、呼吸補助筋を利用して胸郭ないし両上肢重量を持ち上げる非効率な呼吸様式となる。7～8割がた横隔膜を活

用する²⁾ 通常の呼吸様式では、呼吸にかかる安静時の酸素摂取量は全酸素摂取量の2～3%であるのに対して、呼吸不全患者では30%以上にも達する。

リラクゼーションは頸部、胸部、腹部、背部をはじめ全身の過度な筋緊張を抑制し、努力性の呼吸に伴う呼吸困難感を軽減させ、他のトレーニングの導入・継続や活動性制限の解除に寄与する。方法として、楽な体位、呼吸筋マッサージおよびストレッチング、Jacobsonの漸進的弛緩法、固有受容器性神経筋促通手技 (proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF)、その他がある。

1. 楽な体位 (postural relief of dyspnea)

楽な体位は、患者自身が経験的に呼吸困難感を軽減させ安楽と感じる体位をとっていることも少なくないが、運動トレーニングやADL練習で呼吸困難感が強くなった場合の対処法として、習得させておくべきものの1つである。

楽な体位では、静かな部屋で、身体を締めつけない衣服を着用し、ゆとりのある精神状態であることが大切である。セミファーラー位は、仰向けになり、頭部を軽く曲げ、四肢は体幹に沿って力を抜き、膝の下に枕を入れて軽く曲げる。側臥位では、安楽な姿勢となるよう、上側上下肢の下に枕を入れるなどの工夫をする。坐位では、上体を何かにもたれるように前かがみの姿勢をとり、力を抜くようにする。上肢を肩から垂らすことなく、膝の上に置いたり、テーブルに肘をついたりして肩甲帯を固定する。立位も坐位と同様に、体幹前傾姿勢となり、手を膝に置いたりテーブルについたりして上肢の重みを取り除くようにする。

慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease: COPD) 患者117名の検討では、93名 (79.5%) が背臥位よりも坐位の方が息切れを感じないとした³⁾ と報告されている。背臥位と比較して坐位では、肺活量、1秒量、最大換気量が高いことが健常者で⁴⁾、最大吸気筋力が高く、吸気時の経横隔膜圧が低いことがCOPD患者で⁵⁾、それぞれ示されている。背臥位よりも坐位で呼吸が楽なCOPD患者は、心疾患があるとより顕著となる³⁾。心不全患者における検討では、坐位から臥位になることにより、最大吸気筋力の低下、換気の亢進、呼吸困難感の増加が生じることが示されている⁶⁾。これらの機序は以下のように説明される。まず、COPD患者は、肺の過膨張により全肺気量が増す一方で、残気量が増し全肺気量位に近い呼吸位で呼吸をしている。坐位よりも背臥位で、機能的残気位がさらに上昇するため、肺の過膨張による吸気努力の増大、呼気を十分に行わないままに次の吸気が開始

され呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure: PEEP) が高値であることによる吸気負荷の増大、胸郭コンプライアンスが制限されることによる気道抵抗の増加が生じる。加えて、特に随伴する心疾患の進展により、背臥位になることで胸腔内への静脈還流が増え、吸気の際の呼吸努力が増すこと、呼吸器の弾性の低下に伴って吸気筋力が発揮しづらくなること、気道抵抗の増加が安静呼吸の呼気流速を制限することなどが現象を修飾するため、背臥位よりも坐位で呼吸困難感が軽減する^{3,5,6)}。

気流制限のある患者では、背臥位や垂直な坐位よりも前傾した坐位で、最大吸気筋力が高く呼吸困難感が緩和されると報告されている⁷⁾。また、垂直な坐位姿勢よりも前傾した坐位の方が横隔膜の筋活動が少なく、胃内圧ならびに経横隔膜圧が高いこと、吸気の際に胸郭が拡張する一方で腹部が陥没する呼吸様式が改善すること、呼吸補助筋の活動が減少することが示されている⁸⁻¹⁰⁾。これは、前傾した坐位では、腹部内圧が上昇し平坦な横隔膜のドーム形成がなされやすく、長さ-張力関係が至適に近づくために横隔膜の収縮効率が上がり、また、上肢で肩甲帯を固定することも手伝って呼吸補助筋の使用が減るとともに、呼吸補助筋が抗重力方向に垂直となりこの筋が有効・効果的に作用するため^{9,10)}とされている。一方で、COPD患者や気管支喘息患者において、垂直な坐位から前傾した坐位になることで、1秒率が改善するものの分時換気量が増す場合も少なくないことが示されている⁸⁾。

両肘をテーブルの上に置いた前傾坐位姿勢と置かない場合とで、70～80%最大換気を4分間行わせ換気量を比較した検討で、肘をテーブルに置いた方が多くの換気が可能であることが示されている¹¹⁾。上肢の重さが取り除かれ、肩甲帯の固定が呼吸補助筋の使用を容易にしたため¹¹⁾と考えられる。最大換気量の測定は運動能力の予測に役立つとされているが、佐藤ら¹²⁾は、健常者を対象に、比較的運動強度の強い負荷の運動を実施した後の回復過程において、自然な立位よりも両手を膝に当てた前傾立位の方が、1回換気量ならびに分時換気量が高値で推移し、換気に有利であったとしている。

上肢を何かの上に置いて体幹を前傾させた坐位や立位は、楽な体位である場合が多い。しかし、COPD患者の約20%は姿勢を変えても呼吸が楽にならない³⁾こと、心不全患者でも背臥位よりも坐位で呼吸が楽にならない患者がいる⁷⁾ことなどから、各患者個別の楽な体位を吟味することが臨床上大切である。

2. リラクゼーション手技 (relaxation technique)

リラクゼーション手技の中で、呼吸筋マッサージ (respiratory muscle massage therapy) は、背臥位やセミファーラー位など、患者が安楽と感じる姿勢をとらせ、胸鎖乳突筋、斜角筋、大胸筋、僧帽筋上部線維などに軽擦法や揉捏法を施行するものである。軽擦法は、手掌や指頭で対象筋を一定した圧で押さえつつ末梢部から中枢部に向かって撫でる方法である。揉捏法は、拇指と他の4指との間、または2本の指の間に筋をつかみつつ、末梢部から中枢部に向け揉みあげていく方法である。

呼吸筋ストレッチング (respiratory muscle stretching) では、背臥位やセミファーラー位など、患者が安楽と感じる姿勢をとらせ、対象筋をストレッチングする。頸部筋の場合は、施行する側の肩を挙上しないように片手で下方に固定し、他方の手で患者の頭部を操作する。前・中斜角筋および胸鎖乳突筋では、頸部をやや伸展した対側方向に呼気に合わせて患者の頭部を動かして筋を伸張する。後斜角筋および僧帽筋上部線維では、同様に肩を固定し、頸部をやや屈曲した対側方向に呼気に合わせて患者の頭部を動かして筋を伸張する。大胸筋の場合は、背臥位の姿勢で上肢を肩関節外転 (約120°)・外旋させ、呼気に合わせて上肢を床方向に押し下げる。腰方形筋の場合は、股関節と膝関節を屈曲した側臥位の姿勢をとらせ、第12肋骨と腸骨の間の側腹部で触診し、呼気に合わせて垂直方向などに押し下げてストレッチングする。

Jacobsonの漸進的弛緩法 (progressive relaxation) では、心理的にもリラクゼーションが得られやすい背臥位や腰かけ坐位の姿勢をとらせる。1つの筋群から別の筋群へと1つ1つ意識的に筋の緊張と弛緩を反復練習して、徐々に全身性に弛緩を体得させる。例えば、手関節の伸展筋であれば、手関節を背屈させ、前腕伸側の緊張を感じさせる。次に背屈をやめさせると手掌は支持面に落ち、緊張が消えることを気づかせ、筋の弛緩を得させる。続いて他の筋群も同様に力を入れること、抜くことを繰り返させ筋の弛緩を体得させる。

PNFの手技の中でリラクゼーションを得る方法には hold relax と contracted relax とがある。筋の機能的特性として、最大収縮後に弛緩した状態になることを利用したものである。Hold relax は、筋の等尺性最大収縮を2～3秒間行わせた直後、力を抜かせる方法であり、contracted relax は、最大の等張性収縮を行わせた直後に力を抜かせる方法である。前・中斜角筋および胸鎖乳突筋の場合、頸部をやや屈曲した施行側方向に側屈してもらい、その際、同側の肩を固定し運動方向に抵抗となるように頭部に手を当てて最大収縮

を引き出す。2～3秒の収縮の直後に力を抜かせる。後斜角筋および僧帽筋上部線維の場合、同様に肩を固定し、頸部をやや伸展した側屈を徒手抵抗に抗して最大努力で行わせ、収縮の直後に力を抜かせる。

その他のリラクゼーションの方法には、バイオフィードバック (biofeedback) やヨガ (Yoga)、精神的なリラクゼーションとして自律訓練法 (autogenic training)、瞑想法 (meditation method)、脱感作法 (desensitization method)、催眠療法 (hypnosis therapy) などがある。

各種リラクゼーション法について、喘息患者を対象とした検討では、即時効果としてJacobsonの漸進的弛緩法により最大呼気フローが高まったり^{13,14)}、不安が軽減されたりする¹⁵⁾こと、マッサージにより不安やストレスが低下する¹⁶⁾ことが示されている。各種のリラクゼーション法によって一定期間後に、気道閉塞が軽減する¹⁶⁻¹⁸⁾こと、喘息発作が減少する¹⁸⁾こと、疾病に向かう態度やコーピングの能力が向上する¹⁶⁾ことが報告されている。一方で、漸進的弛緩法は、呼吸機能に影響せず¹⁴⁾発作誘発についての感情の状態や不安の強さで修飾されるとの報告¹⁹⁾、筋のリラクゼーションは無効であり精神的なリラクゼーションのみ有効であるとする報告²⁰⁾や、いずれのリラクゼーションも気道閉塞や自覚症状に無効であったとする報告²¹⁾がある。2002年のHuntleyらのシステマティックレビュー²²⁾では、15のランダム化比較試験 (randomized controlled trial: RCT) のうち9論文が基準を満たしたとされ、検討されている。漸進的弛緩法、あるいは精神と筋のリラクゼーションを行った5つのRCTのうち2論文が効果を認めたとしている。催眠療法を実施した1論文、自律訓練法を施行した1論文、バイオフィードバックを行った2論文は、いずれも治療効果がなかった。これらのことから、筋のリラクゼーションは呼吸機能を改善するいくつかのエビデンスがあるが、他のリラクゼーション手技についてはエビデンスがないとしている。2006年のコ克蘭ライブラリー²³⁾では、リラクゼーションの他に軽打法やバイブレーションなどの他の徒手的な手法も加えてメタアナリシスを行い、喘息患者に対する十分なエビデンスはないと結論づけている。

COPD患者での検討ではマッサージによって、24週間後には、最大呼気フローが上昇し、心拍数が減少し、動脈血酸素飽和度が上昇し、息止めの能力が高まることが報告されている²⁴⁾。漸進的弛緩法の効果に関しては、即時に、呼吸困難感、不安が軽減され、心拍数、呼吸数、収縮期血圧が低値となる^{25,26)}こと、4週間後に呼吸数が少なくなる²⁵⁾ことが示されている。また、

皮膚温の上昇、心拍数の低下、呼吸数の低下の急性効果が認められており、一定期間後には、不安、呼吸困難感、気道閉塞が改善する²⁷⁾とされている。さらに、6ないし8週間の実施によって、動脈血酸素飽和度が上昇し呼吸困難感が減少する²⁸⁾こと、疲労の程度が低下し睡眠の質が改善する^{28, 29)}ことが報告されている。1996年のDevineとPercyのCOPD患者を対象としたメタアナリシス³⁰⁾では、各種リラクゼーション法が呼吸困難感と心理的健康状態に有効なことは明確であるとされている。2015年のVolpatoらのメタアナリシス³¹⁾は、各リラクゼーション法単独および併用の実施は、予測値に対する1秒量のパーセンテージ、不安、抑うつに対してわずかながら有効であり、生活の質(quality of life: QOL)については高い効果量が見出されたとしている。

その他の疾患については、54名のCOPD患者と5名の喘息患者の他に、肺線維症患者、肺塞栓症患者、肺炎患者などを含む83名での検討³²⁾がある。8週間の包括的呼吸リハビリテーションに2～8週間の漸進的弛緩法を加えて実施しても、包括的呼吸リハビリテーションのみの群と比較して、不安と抑うつに対する追加効果がなかったとされている。

各種リラクゼーション法については、用いる手技や対象患者の疾患や重症度、年齢などによってエビデンスの強さは異なると考えられ、また、帰結評価が必ずしも幅広くなされているわけではなく、さらなる検討が必要と考える。

III. 呼吸練習 (breathing exercise)

正常な呼吸では、1回換気量350～500 mL、呼吸数16～20回/分、分時換気量5～8 Lであり、吸気に横隔膜が70～80%使用され²⁾、呼気は肺ならびに胸部の弾性力によって自然になされる。呼吸器障害を有する患者の多くは、1回換気量が減少し、肺泡低換気が生じれば二酸化炭素の蓄積に伴って呼吸数が増し、分時換気量は増加して10 Lを超えることもある。結果、速く浅い呼吸様式となり、吸気に呼吸補助筋が動員され呼気に努力呼気筋の活動が加わり、呼吸運動に対する呼吸仕事量が増し、呼吸効率の低下から呼吸困難感を来す。閉塞性肺疾患患者では、閉塞した気道に対して呼気を努力性に行わなければならない、特に運動時や活動時にこれが顕著となる。吐ききる前に吸気に移行するため肺過膨張が生じ、全肺気量位に近い呼吸位で呼吸を行うことになり、これが呼吸困難感を増長する。

呼吸練習は、主に呼吸困難感の緩和を目的に実施され、1回換気量を増加させ、また動脈血二酸化炭素分

圧を低下させて換気ドライブを低減させ、遅い呼吸様式を実現することが期待される。また、エアエントリーを増加することによって、無気肺などの呼吸器合併症を予防したり改善したりする可能性がある。その内容には、口すぼめ呼吸、横隔膜呼吸、これらを併用した呼吸およびその他の組み合わせが含まれる。

1. 口すぼめ呼吸 (pursed-lip breathing)

口すぼめ呼吸は、呼気の際の気道の虚脱を予防し、1回換気量の増加と呼吸数の減少を図り、呼吸効率を高め二酸化炭素の蓄積を減少させることで、呼吸困難感の軽減、呼吸困難感の早期回復、動作能力の向上が期待される。気道内圧を高めること、遅い呼吸となることのいずれか、あるいは両者によって、動脈血液ガスの改善よりも早く呼吸困難感が軽減する。また、胸腔内圧が高まることで肺内の過剰な血液が他の器官に流出され、心臓の機能に好影響があり肺や胸部の可動性が増すかもしれない。さらに、腹筋群の作用が横隔膜を押し上げ横隔膜の収縮効率を高め、呼吸補助筋の活動を減少させる可能性がある。

鼻から吸気を行った後、口唇を軽く閉じた状態にし、[f]または[s]の音をさせながらゆっくりと呼出させる。呼気時間は吸気時間1に対して2以上とし、徐々に呼気を延長させる。20～30 cm先に自身の手をかざし、そこに息がかかる程度の呼出とし、腹部筋の過度な収縮が起らない程度の強さで行わせる。

口すぼめ呼吸の効果に関する検討は、健常者³³⁾、高齢者³⁴⁾、脳卒中後慢性期患者³⁵⁾での検討を除き、COPD患者を中心に閉塞性換気障害患者でなされている。

肺気腫患者と気管支喘息患者を対象に肺活量の減少に影響する要因について検討した報告では、変化させた口腔内圧ではなく初期の呼気流速の減少の影響が肺気腫患者で認められた³⁶⁾としている。これは、口すぼめ呼吸の効果の機序として、Bernoulli効果(流体が管の細い部分を通過するとき、速度が増すことで流れの運動エネルギーが増加し、一方、圧エネルギーが減少する現象)の減少が、呼気の初めの気道の閉塞を抑制したため³⁶⁾ではないかと考察されている。COPD患者や慢性気道閉塞患者において、安静時に口すぼめ呼吸を行うと、呼吸数が減り1回換気量が増える³⁷⁻⁴⁶⁾こと、分時換気量が減少する^{38, 47)}こと、酸素摂取量に対する分時換気量が低下する³⁸⁾こと、動脈血二酸化炭素分圧が低値となり^{37, 38)}動脈血酸素分圧または酸素飽和度が上昇する^{38, 39, 42, 44, 45)}ことが認められている。呼気終末二酸化炭素濃度が低下する⁴⁵⁾との報告もある。1呼吸サイクル時間が長くなり^{41, 43)}、1呼吸サイ

クル時間における吸気時間の比が低下する^{41,44)} こと、吸気時間に対する1回換気量が増す⁴¹⁾ ことなども示されている。また、酸素摂取量が低下する⁴⁰⁾ ことや、最大吸気量が減少する^{45,47)} ことが報告されており、呼吸仕事量が減少することや、肺過膨張が是正されることが示唆されている。胸腹部の運動学的検討を行った報告では、口すぼめ呼吸によって、腹部の呼気終末容量が減少するのに伴って胸腹部の呼気終末容量が減少し、また胸腹部の吸気終末容量が増加する⁴¹⁾ ことが明らかにされている。腹部の呼気終末容量の減少は、通常呼吸の1秒量と相関を認めるが、機能的残気量と関連がなかったことから、胸腹部の呼気終末が深くなることは肺過膨張ではなく気道閉塞で説明される⁴¹⁾ と解釈される。呼吸筋の動員を検討した報告では、口すぼめ呼吸中、吸気と呼気における胸郭の筋と呼吸補助筋の活動が高まり、呼気における腹部筋の活動が高まる⁴²⁾ とされている。経横隔膜圧は変化しなかったが、1呼吸サイクル時間に対する吸気時間が短縮し、tension-time index (TTI) が低値となったことから、横隔膜の疲労しやすい呼吸様式が改善され、この変化は呼吸困難感の軽減につながるかもしれない⁴²⁾ とされている。COPD患者の心拍変動を解析した検討では、口すぼめ呼吸は副交感神経の活動を高める^{44,48)} とされている。

安静時に、口すぼめ呼吸によって、自覚症状が緩和される慢性気道閉塞患者(58%)³⁸⁾ や呼吸困難感が軽減するCOPD患者(53%)⁴⁹⁾ と、効果を認めない患者とがいることが示されている。人工呼吸器から離脱したCOPD患者の検討では、口すぼめ様の呼気抵抗がガス交換や呼吸様式に便益をもたらさない⁵⁰⁾ とされている。しかし、いくつかの論文では、口すぼめ呼吸によって、安静時の呼吸困難感は軽減する^{41,43,45)} ことが示されている。これは、上記のような気道内圧の上昇による換気のしやすさの向上、呼吸様式の好ましい変化、酸素化の改善、血液ガスの改善、動脈血二酸化炭素分圧の低下に伴う換気亢進の低下、換気効率の改善、呼吸仕事量の低下、肺過膨張の是正、呼吸に際しての胸腹部の可動性の増大、副交感神経の活動が優位となることなどの機序によって生じる可能性がある。

COPD患者において、運動時には安静時と同様に、口すぼめ呼吸によって、1回換気量が増加し呼吸数が減る^{37,38,46)} こと、分時換気量が減る³⁸⁾ こと、酸素摂取量に対する分時換気量が低値となる³⁸⁾ ことが報告されている。自転車エルゴメトリー時の呼吸困難感の変化は、患者によって様々であるが、呼気終末容量や1回換気量と相関がある⁴⁶⁾ とされる。漸増負荷シャト

ル・ウォーキングテストでは、口すぼめ呼吸を行った方が、テスト終了時の呼吸数、開始から終了までの呼吸数の変化が少なく、運動終了後の回復時間が短い⁵¹⁾ ことが示されている。歩行距離、歩行後の動脈血酸素飽和度、呼吸困難感、心拍数には差が認められていない⁵¹⁾。一定負荷シャトル・ウォーキングテストでの検討では、口すぼめ呼吸を行った方が、歩行時間が長く、動脈血酸素飽和度の低下が小さかったが、呼吸困難感と下肢疲労に変化はなかった⁵²⁾ と報告されている。6分間歩行試験での結果は、口すぼめ呼吸条件の方が、6分間歩行距離が長く、試験後の呼吸数が少なかった⁵³⁾ とされている。別の報告では、口すぼめ呼吸によって、自転車エルゴメトリーの持久力時間が長く、同一負荷時の最大吸気量が高く、動脈血酸素飽和度が高く、呼吸数が少ないこと、最大負荷時の呼吸様式に影響しないが動脈血酸素飽和度が高く維持された⁵⁴⁾ ことが示されている。

COPD患者は、運動時の口すぼめ呼吸によって、呼吸困難が軽減する者(38%)⁴⁶⁾、運動後の呼吸数が低く保たれる者(41%)⁵¹⁾、歩行距離が延長する者(78%)⁵²⁾、各種パラメータが維持される者(48%)⁵⁴⁾ とそうでない者^{46,51,52,54)} とが混在している。口すぼめ呼吸が有効な者の特徴として、運動前の呼吸困難感が強い⁵¹⁾ こと、最大呼気フロー値が低い⁵⁴⁾ ことなどが挙げられている。

COPD患者を対象に、4週間の口すぼめ呼吸の練習を行わせ12週後にフォローアップした報告⁵⁵⁾ がある。フォローアップ時のデータも含めて解析した結果、口すぼめ呼吸練習群は、6分間歩行後の呼吸困難感が低下し、Short Form 36-Index Health Survey (SF-36) の身体機能スケールが向上した⁵⁵⁾ とされている。

2009年のRobertsらのシステマティックレビュー⁵⁶⁾ では、見出された11の論文のうち、4論文が質が中等度であり、残りは質が低かったとしている。口すぼめ呼吸は、動脈血酸素飽和度が改善し、1回換気量の増加と呼吸数の減少を認め、息切れの程度が運動前までに戻る時間が短くなるとしている。また、4週間、口すぼめ呼吸の練習をさせた結果を12週間後に検討した、前述の1つのRCT⁵⁵⁾ で示された効果について言及している。2011年のCanadian Thoracic Society (CTS) のガイドライン⁵⁷⁾ では、口すぼめ呼吸は呼吸数を減少させ1回換気量を増加させることでガス交換を改善するかもしれないとしている。結論として、口すぼめ呼吸は、呼吸困難感を軽減させる戦略となり得、進行したCOPD患者は潜在的な便益が知らされ活用を指導され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。

2012年のコクランライブラリー⁵⁸⁾では、呼吸練習に関する16のRCTのうち2つの論文が口すぼめ呼吸の効果を検討しているとしている。呼吸困難感は、4ないし8週間の呼吸練習によって改善するか、あるいは改善傾向を認めたとされている。8週間の呼吸練習は6分間歩行距離を延長し、疾患特異性のない健康関連QOLの身体機能の領域が改善し、8ないし12週間の呼吸練習は、疾患特異性のある健康関連QOLの8項目の中で唯一呼吸困難感の領域が改善したと述べられている。また一定期間の口すぼめ呼吸の練習によって、6分間歩行試験後の動脈血酸素飽和度の低下を減少させるとの1論文、呼吸回数、吸気時間、呼気時間が変化しなかったとの1論文、安静時の呼吸回数が減少したとの1論文を提示している。2014年、Borgeら⁵⁹⁾は、口すぼめ呼吸の効果に関するシステマティックレビューの質を評価し、Robertsらのシステマティックレビュー⁵⁶⁾、Hollandらのコクランライブラリー⁵⁸⁾は質が低い～中等度であると判断している。

口すぼめ呼吸は、主にCOPD患者で推奨され、低い～中等度の質のレベルで効果が認められていると考えられる。

2. 横隔膜呼吸 (diaphragmatic breathing)

横隔膜呼吸は、肩甲帯や上肢の重さに抗して呼吸補助筋の使用によって呼吸するのに比較して、呼吸仕事量が減少し呼吸効率が高まる可能性があり、また、肺過膨張を改善する効果が期待される。これらによって呼吸困難感が軽減され、動作能力の向上が認められるかもしれない。

腹筋群の作用や張力を取り除くために背臥位やファーラー位などでの練習から始める。理学療法士は片手を患者の胸部に、他方の手を上腹部に置き、吸気の際に腹部が膨隆するように誘導する。腹部の膨隆を促すために、腹部にバウンシング (bouncing) を施したり、吸気の初期に横隔膜にPNFのquick stretchを加えたりすることもある。上達に伴って患者自身に片手を胸部、片手を上腹部に置かせ練習させる。また、肢位を難易度の高い坐位、立位へと変更させていき、最終的には歩行時や立位での動作時でもできるようにする。

横隔膜呼吸の即時効果として、COPD患者（一部、他の呼吸疾患患者を含む）における血中の酸素分圧と二酸化炭素分圧、換気指標、呼吸仕事量、肺内換気の分布、胸部と腹部の動きの同調性、横隔膜の可動性、呼吸困難感への効果が検討されている。数分間の横隔膜呼吸によって、動脈血酸素分圧が上がり⁶⁰⁻⁶²⁾、動脈血二酸化炭素分圧が下がる⁶⁰⁾とされている。換気指

標に関して、1回換気量が増し^{40,60,61,63)}呼吸数が減り⁶⁰⁻⁶²⁾、分時換気量が増える⁶⁰⁾との報告がある。これに対して、1回換気量が増加する者としなない者がおり、全対象者でみると変化するとは言えず、分時換気量も不変であるとする報告⁶⁴⁾、分時換気量が逆に低下したとする報告⁶⁵⁾がある。二酸化炭素の排出量が減り、呼吸交換比が低下した⁶⁵⁾ともされている。横隔膜呼吸中は酸素摂取量が増えるとされ、呼吸仕事量の増大が示唆されている⁴⁰⁾。肺内換気の容量と分布の通常呼吸と横隔膜呼吸との比較は、¹³³キセノン^{64,66)}や窒素^{67,68)}の洗い出しで検討されている。横隔膜呼吸によって1回換気量が増した群では¹³³キセノンの洗い出しが増加するが、1回換気量が増さなかった群は洗い出しが変化しなかったとされている⁶⁴⁾。横隔膜呼吸をすると下葉の肺泡換気が増したとの報告⁶⁷⁾と、肺内換気の分配に呼吸様式の違いによる相違がなかったとする報告^{64,68)}がある。横隔膜呼吸時の胸腹部の動きに関して検討した結果では、1回換気量に対する胸部の動きが減少した⁶³⁾とされている。しかし、複数の論文は、横隔膜呼吸によって胸腹部の非同調な動きが生じる^{61,62,69,70)}としている。COPD患者では健常者よりも、横隔膜の可動性が低下している⁷¹⁾ことが示されている。間質性肺疾患患者では健常者と比較して、安静呼吸中の横隔膜可動性と相関がないものの、横隔膜呼吸中のそれが低下している⁷²⁾ことが明らかにされている。患者における横隔膜の可動性の低下は、血液ガスデータ、呼吸機能、エアトラッピング、気道閉塞、肺過膨張、BODE (BMI, airflow obstruction, dyspnea, exercise capacity) index、死亡数と関連する⁷¹⁻⁷⁴⁾ことが報告されている。横隔膜の可動性は、効果的な横隔膜呼吸と関係する⁶¹⁾とされており、種々の原因で起こるこの低下や横隔膜の線維タイプ、筋厚、筋力の変化などは、横隔膜呼吸時の横隔膜運動を阻害するかもしれない。COPD患者では、吸気筋努力が増し呼吸困難感が増強されたとの報告⁶⁰⁾、COPD患者のうちの34.5%は、横隔膜呼吸によって好ましい効果が得られなかったとの報告⁶¹⁾があり、横隔膜の機能がこれらの結果に影響している可能性がある。

COPD患者における横隔膜呼吸練習の長期効果について、最短で3週間、最長で12～16カ月のトレーニングを実施させ検討が行われている。横隔膜の可動性が増し^{75,76)}、呼吸数が減り1回換気量が増え⁷⁵⁾、運動後の呼吸困難感が持続しなくなった⁷⁵⁾ことに加え、呼気筋力が増強し⁷⁵⁾、最大吸気量が増えた⁷⁵⁾、腹部の動きに対する胸部の動きの比が低下した^{77,78)}、横隔膜の活動が増えた⁷⁹⁾、横隔膜呼吸時の腹部の動きが増した⁷⁸⁾との肯定的な効果が認められている。他の好ま

しい効果として、1秒量が増加した⁷⁹⁾、6分間歩行距離が延び^{78,79)}、健康関連QOLが向上し⁷⁸⁾、呼吸困難感が軽減した⁷⁸⁾と報告されている。これらに対して、分時換気量、1回換気量、呼吸数、1呼吸サイクル中の吸気時間に変化がなかった⁷⁷⁾、肺活量、予測値に対する残気量、全肺気量に対する残気量に変化がなかった⁸⁰⁾、呼吸機能、12分間歩行距離、12分間歩行試験中の自覚的運動強度が変化しなかった⁸¹⁾との効果を認めなかったとする結果がある。さらに、呼吸における胸部と腹部の非同調が増した、酸素摂取量が増し機械的効率が低下した、呼吸困難感が増悪したとの否定的な報告⁷⁷⁾がある。

胸腹部手術後には、呼吸機能が低下することが知られている。肺胞低換気による無気肺や、これに引き続いての呼吸器感染症の発生が危惧される。これへの対応として、術後早期からの深い呼吸や横隔膜呼吸の実施が推奨される。心臓外科後、30回の深呼吸をさせると、無気肺の領域が少なくなり動脈血酸素濃度・酸素飽和度が上昇する⁸²⁾ことが報告されている。上腹部手術後に、早期離床のみを試みた群と、これに深い呼吸の練習を加えた群、離床開始が遅く呼吸練習を行わせた群の比較から、深い呼吸の練習は、術後呼吸器合併症の発生頻度、理学療法が必要なくなるまでの期間、在院期間に便益をもたらさなかった⁸³⁾との報告がある。胆のう切除術後の患者は、腹部容量と胸部容量、1回換気量が低下するが、術後1日目と3日目の検討で、横隔膜呼吸をした方がこれらが高値になる⁸⁴⁾ことが示されている。この結果から、術後の横隔膜呼吸の実施は無気肺や呼吸器感染症を予防する可能性がある⁸⁴⁾と考察されている。上腹部手術後の患者での検討では、術後1日目に横隔膜の可動性が58%低下する⁸⁵⁾こと、深い呼吸をするように指示された群と比べて、横隔膜呼吸群と胸郭拡張運動群の方が、横隔膜の運動が良好である⁸⁵⁾ことが報告されている。しかし、横隔膜呼吸群と胸郭拡張運動群とで、横隔膜の運動に群間差がなかった⁸⁵⁾とされている。胸腹部手術後の患者を対象とした、横隔膜呼吸の効果についての検討は少なく、さらなる検討が必要であると考えられる。

2007年のLewisらのメタアナリシス⁸⁶⁾は、呼吸器疾患・他を対象に、多くは横隔膜呼吸を含む20論文を分析に採用している。短期効果として、腹部の動きや横隔膜の可動性が増すこと、1回換気量が増え呼吸数が減ること、動脈血酸素分圧・酸素濃度が高まること示されている一方で、呼吸仕事量が増し、呼吸困難感が増幅するとしている。長期効果に関しては、呼吸機能や呼吸筋力に影響せず、ガス交換、呼吸にかかるエネルギーコストへの効果は不明であるとしている。

2012年のコクランライブラリー⁵⁸⁾では、4週間の横隔膜呼吸練習は通常の呼吸と比べて、呼吸困難感を減少させ、臨床的に意味のある変化ではないものの6分間歩行距離、健康関連QOL、横隔膜の可動性、腹部の動きに対する胸部の動きに便益をもたらすとされている。システマティックレビューの質を評価したBorgeらの2014年の論文⁵⁹⁾は、Hollandらのコクランライブラリー⁵⁸⁾の横隔膜呼吸の効果についての言及は質のレベルが中等度であるとしている。

横隔膜呼吸は、長期効果に疑問が残されるが、一部の患者で短期効果がある可能性が示されていると考える。

3. 併用した呼吸およびその他の組み合わせ

口すぼめ呼吸と横隔膜呼吸の効果は独立して検討された論文が多いが、これらを組み合わせたり他の方法を併用したりした報告がある。呼吸練習の効果について検討した最初の報告は1954年にBecklakeら⁸⁷⁾によってなされた。Becklakeら⁸⁷⁾は、慢性肺気腫患者を対象に、呼気相を強調し、横隔膜運動を改善する方法と全身のリラクゼーションを強調する介入、ならびに呼気時に胸壁に電気刺激を加える介入を行い、一定期間後の呼吸機能は限られた患者にしか便益がないことを示した。口すぼめ呼吸や横隔膜呼吸の効果については、この発表の後に報告されている。慢性気管支炎、気管支喘息、肺気腫の患者に一定期間の呼吸練習をさせても、肺活量の40%位における呼気流速の改善は一部の患者にしか認められなかった⁸⁸⁾とされている。肺気腫患者に1カ月間の呼吸練習（呼吸補助筋のリラクゼーション、呼気を長くする、腹筋と横隔膜の収縮を強調するなど）を行わせた報告では、呼吸仕事量は変化しなかったが、6名中5名で運動持久力が向上し呼吸困難感が低下した⁸⁹⁾とされている。横隔膜呼吸に呼吸補助筋のリラクゼーションを併用した肺気腫患者での検討では、呼気中の腹部筋の収縮によって横隔膜の可動性が上昇、すなわち肺換気が高まり、筋電図を活用したフィードバック療法によって腹直筋に対して最も効果があり、呼吸補助筋のフィードバックでその筋の使用が低下し、結果として効率的な呼吸が可能となった⁹⁰⁾とされている。腹筋の十分な動きを伴う遅く深い呼吸と、場合によって口すぼめ呼吸を併用したCOPD患者は、2～6カ月のトレーニングで、呼吸機能、肺拡散能が高まり、動脈血二酸化炭素分圧が低下した⁹¹⁾との報告がある。COPD患者に6週間のトレッドミル歩行トレーニングを行わせ、その後3週間の様々な種類の呼吸練習を実施させた群は、9週間トレッドミル歩行のみを施行させた群と比べて、運動

能力が高まり、運動中の1回換気量が増加、呼吸数が減少、動脈血酸素分圧の上昇が認められた⁹²⁾ことが示されている。COPD患者を対象とした、マウスピースをくわえ合図に合わせて吸気と呼気を行うフィードバック呼吸練習は、5週間の練習により胸鎖乳突筋と斜角筋の筋活動を減少させ横隔膜の活動を増したのに加えて、1秒量を増やし、6分間歩行距離を延長させ、BODE indexを低下(改善)させる⁷⁹⁾ことが報告されている。

口すぼめ呼吸と横隔膜呼吸を組み合わせた、これらの呼吸練習に他の介入を併用したりした検討がなされているが、統一された手技ではないため、エビデンスを示すには不向きである。しかし、様々な試みは患者中心の介入として重要であり、今後もこのような取り組みの効果を検討することは重要であると考えられる。

IV. 胸郭可動域運動

胸郭の可動性は、胸郭拡張差、患者の胸郭に手掌面を当て呼気に合わせて圧迫した時の感覚、反射マーカーを胸壁に貼付しビデオ撮影し解析するなどの方法で評価できる。加齢とともに低下するのみならず、呼吸器疾患患者や胸部手術後の患者などで低下していることが予想される。胸郭の可動性の低下は、換気量を低下させ、換気の際の胸郭の拡張を制限して呼吸仕事を増し、呼吸困難感を増長させる可能性がある。

胸郭可動域運動の実施によって、非効率な換気を改善し呼吸困難感を軽減することが期待される。呼吸困難感の軽減は運動耐容性を高め、ADLを容易なものとし、ひいては健康関連QOLを向上させるかもしれない。胸郭可動域運動の種類として、呼吸筋ストレッチング、徒手胸郭伸張法、呼吸介助がある。呼吸介助は、患者の換気を助けるものでありリラクゼーションに分類されたり、エアエントリーが増すため結果的に気道内分泌物を中枢気道に移動させる効果があり排痰法の一部とされたりするが、本稿では胸郭可動域運動の1手技として記述することとした。

1. 呼吸筋ストレッチングおよび徒手胸郭伸張法

呼吸筋ストレッチング(respiratory muscle stretching)の方法については、「II-2.リラクゼーション手技」の項ですでに述べた。呼吸筋ストレッチングは、リラクゼーション効果の他に、胸郭の可動性を高めることで波及する効果が期待される。

徒手胸郭伸張法(manual thoracic stretching)は、肋間筋をストレッチングすることが主目的であり、肋

骨の捻転、肋骨の引き離し、胸郭の捻転、胸郭の側屈、背部の過伸展、シルベスター法などがある。これについても、胸郭の動きが増すことで派生する効果が期待される。

呼吸筋ストレッチングの効果について、COPD患者を対象とした検討で、大胸筋のhold relaxストレッチングによって、即時的に、肩の関節可動域が広がることに加えて肺活量が増加した⁹³⁾ことが示されている。さらに、COPD患者に肋間筋を含む5筋のストレッチングをさせたところ、呼吸数と分時換気量が減少し、1呼吸サイクルにおける呼気時間と1回換気における胸郭容量が増え、僧帽筋上部線維と胸鎖乳突筋の筋電活動が減少した⁹⁴⁾とされている。長期的にトレーニングさせた場合の効果に関しては、健常学生を対象に頸部4筋の自己ストレッチングを週4日、4週間行わせた結果、肺活量の増加が認められている⁹⁵⁾。COPD患者では、有酸素運動にhold relaxを含むストレッチングを7筋に対して行った場合、胸郭に対する腹部の動きが増して呼吸効率がよくなり、運動中の分時換気量と呼気フローが低値となり、6分間歩行試験後の呼吸困難感が軽減された⁹⁶⁾と報告されている。

徒手胸郭伸張法については、肋間筋をストレッチングすると、1秒率が高値となる⁹⁷⁾こと、1回換気量が増え、吸気時間と呼気時間が長くなる結果呼吸数が減り、横隔膜と肋間筋の筋電活動が減少したことが健常者⁹⁸⁾で、数日間の施行により1回換気量と胸郭拡張が増し呼吸困難感が緩和されたことがCOPD患者のシングル・ケース・スタディ⁹⁹⁾で示されている。

2. 呼吸介助(manual breathing assist)

呼吸介助は、徒手的に胸郭運動を介助するものであり、患者の胸郭に手掌面を当て、呼気に胸郭を運動方向に圧迫するのを繰り返す方法である。背臥位で上部、中部、下部胸郭に対して実施したり、側臥位で胸郭側面に対して行ったり、坐位で胸骨を圧迫したり背部胸郭に施行したりする。患者は、呼気努力から解放され、自身の呼気以上に深く息を吐くため続く吸気が大きくなる。胸郭可動域の改善、換気量の増加、呼吸仕事量の減少、呼吸困難感の軽減、リラクゼーション効果が期待される。

英文誌での報告¹⁰⁰⁻¹⁰⁵⁾はわずかであり、その1/3は日本で行われた検討^{103,104)}である。海外での検討^{100-102,105)}は、胸郭外胸部圧迫(external chest compression)との名称が用いられ、喘息患者を対象としている。急性発作時の施行により有効性が示唆されている。本邦において検討された英文誌での報告は、健常者¹⁰³⁾、中枢神経疾患患者¹⁰³⁾、長期人工呼吸器管

理患者¹⁰⁴⁾を対象としたものである。いずれも、実施中に1回換気量が増えることが確認されている。実は、呼吸介助法は1983年に、当時の信州大学医療技術短期大学の伊藤直榮氏が生み出した手技である¹⁰⁶⁾。外国で胸郭外胸部圧迫法とも呼ばれている手技とは実施目的が異なり、区別した方がよいのかもしれない。このような経緯のため、呼吸介助の効果についての検討結果の多くは、邦文誌で報告されている。

本邦で公表された報告として、まず、健常者を対象としたもの¹⁰⁷⁻¹¹⁴⁾がある。1回換気量が増える¹⁰⁷⁻¹¹¹⁾こと、呼吸数が減少する^{108,111,112)}こと、呼吸の際の肺気位が低下する(機能的残気量が低値となる^{107, 110)}、呼気終末肺容量が低下する¹¹⁴⁾など)こと、横隔膜の可動範囲が増す^{109,110)}こと、肺横断面積と肺容量が増える¹¹¹⁾こと、胸壁容量が増す¹¹³⁾こと、酸素摂取量が低下する¹⁰⁸⁾こと、吸気時呼吸仕事量が減る¹¹⁴⁾こと、収縮期血圧が下がり¹¹²⁾副交感神経作用が高まる¹¹²⁾ことが示されている。呼吸介助の実施中は、遅く深い呼吸が低い肺気位でもたらされ、横隔膜が大きく動き肺や胸郭が拡張し、呼吸にかかるエネルギー消費が減るのに加えて、リラクゼーション効果が得られる¹¹⁵⁾ものと考えられる。呼吸器疾患患者を対象とした検討では、肺気腫患者において1回換気量が増え呼吸数が減ること、機能的残気量と吸気予備量が減少すること、呼吸困難感が軽減されることが明らかにされている¹¹⁶⁾。慢性呼吸器疾患患者においては、1回換気量が増し呼吸数が減るのに伴って分時換気量が減少し、酸素摂取量が低値となることが示されている¹¹⁷⁾。外科術後患者とCOPD患者での検討では、運動後に呼吸介助を行うと、酸素飽和度と脈拍が早く回復することが認められている¹¹⁸⁾。

3. 呼吸介助を含む種々の呼吸理学療法

呼吸介助を含む複数の種目の呼吸理学療法を行った場合の検討が、本邦の研究者らによって報告されている。松本ら¹¹⁹⁾は、呼吸介助に加えて呼吸補助筋群のストレッチング、胸郭可動域運動、リラクゼーションを重症肺気腫患者に施行した結果、機能的残気量、残気量、全肺気量が低値となり、主観的な呼吸困難が軽減したことを示した。Yoshimiら¹²⁰⁾は、COPD患者に運動トレーニングと呼吸筋トレーニングを実施させ、加えてコンディショニングを行わせ、長期効果を検討している。コンディショニングには呼吸様式の適正化、呼吸介助、全身の柔軟体操が含まれている。週2日、12週間の実施により、安静呼吸時の呼気流量制限が緩和し、肺過膨張が軽減され、6分間歩行距離が延長し、健康関連QOLが向上したとされている。

4. 胸郭可動域運動のエビデンス

胸郭可動域運動として、呼吸筋ストレッチングおよび徒手胸郭伸張法、呼吸介助ならびにこれを含む呼吸理学療法が、効果を示すいくつかの検討と経験則に基づいて実施されている。システムティックレビューやメタアナリシスは見出せず、エビデンスを示すまでには至っていないと考えられる。

V. おわりに

呼吸理学療法におけるコンディショニングのうちの、リラクゼーション(楽な体位、リラクゼーション手技)、呼吸練習(口すばめ呼吸、横隔膜呼吸、両者およびその他の併用)、胸郭可動域運動(呼吸筋ストレッチングおよび徒手胸郭伸張法、呼吸介助、加えて他の手技)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、1950年代半ばから現在に至るまでの論文報告を基に概観した。比較的軽症な患者では運動トレーニングやADL練習が主に行われるが、コンディショニングの対象者は、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。各方法の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、ルーチンにリラクゼーション、呼吸練習、胸郭可動域運動を実施するのではなく、患者の個性に応じて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られる。

文 献

- 1) 千住秀明: 呼吸リハビリテーション入門 第4版. 神陵文庫, 福岡, 2014, pp84-96
- 2) Reid WD, Dechman G: Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Phys Ther* 75 (11) : 971-982, 1995
- 3) Eltayara L, Ghezzi H, et al.: Orthopnea and tidal expiratory flow limitation in patients with stable COPD. *Chest* 119 (1) : 99-104, 2001
- 4) Vilke GM, Chan TC, et al.: Spirometry in normal subjects in sitting, prone, and supine positions. *Respir*

- Care 45 (4) : 407-410, 2000
- 5) Heijdra YF, Dekhuijzen PN, et al.: Effects of body position, hyperinflation, and blood gas tensions on maximal respiratory pressures in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 49 (5) : 453-458, 1994
 - 6) Torchio R, Gulotta C, et al.: Orthopnea tidal expiratory flow limitation in chronic heart failure. *Chest* 130 (2) : 472-479, 2006
 - 7) O'Neill S, McCarthy DS: Postural relief of dyspnoea in severe chronic airflow limitation: relationship to respiratory muscle strength. *Thorax* 38 (8) : 595-600, 1983
 - 8) Bararach AL: Chronic obstructive lung disease: postural relief of dyspnea. *Arch Phys Med Rehabil* 55 (11) : 494-504, 1974
 - 9) Sharp JT, Drutz WS, et al.: Postural relief of dyspnea in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 122 (2) : 201-211, 1980
 - 10) Druz WS, Sharp JT: Electrical and mechanical activity of the diaphragm accompanying body position in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 125 (3) : 275-280, 1982
 - 11) Banzett RB, Topulos GP, et al.: Bracing arms increases the capacity for sustained hyperpnea. *Am Rev Respir Dis* 138 (1) : 106-109, 1988
 - 12) 佐藤悠, 飯田佳世・他: 運動後回復過程における呼吸循環反応の前傾立位姿勢による影響. *日呼吸誌* 12 (3) : 326-329, 2003
 - 13) Alexander AB, Miklich DR, et al.: The immediate effects of systematic relaxation training on peak expiratory flow rates in asthmatic children. *Psychosom Med* 34 (5) : 388-394, 1972
 - 14) Freedberg PD, Hoffman LA, et al.: Effect of progressive muscle relaxation on the objective symptoms and subjective responses associated with asthma. *Heart Lung* 16 (1) : 24-30, 1987
 - 15) Vázquez I, Buceta J: Relaxation therapy in the treatment of bronchial asthma: effects on basal spirometric values. *Psychother Psychosom* 60 (2) : 106-112, 1993
 - 16) Field T, Henteleff T, et al.: Children with asthma have improved pulmonary functions after massage therapy. *J Pediatr* 132 (5) : 854-858, 1998
 - 17) Davis MH, Saunders DR, et al.: Relaxation training facilitated by biofeedback apparatus as a supplemental treatment in bronchial asthma. *J Psychosom Res* 17 (2) : 121-128, 1973
 - 18) Hock RA, Rodgers CH, et al.: Medico-psychological interventions in male asthmatic children: an evaluation of physiological change. *Psychosom Med* 40 (3) : 210-215, 1978
 - 19) Vazquez MI, Buceta JM: Effectiveness of self-management programmes and relaxation training in the treatment of bronchial asthma: relationships with trait anxiety and emotional attack triggers. *J Psychosom Res* 37 (1) : 71-81, 1993
 - 20) Erskine-Milliss J, Schonell M: Relaxation therapy in asthma: a critical review. *Psychosom Med* 43 (4) : 365-372, 1981
 - 21) Erskine J, Schonell M: Relaxation therapy in bronchial asthma. *J Psychosom Res* 23 (2) : 131-139, 1979
 - 22) Huntley A, White AR, et al.: Relaxation therapies for asthma: a systematic review. *Thorax* 57 (2) : 127-131, 2002
 - 23) Hondras MA, Linde K, et al.: Manual therapy for asthma. *Cochrane Database Syst Rev*: 2006
 - 24) Beeken JE, Parks D, et al.: The effectiveness of neuromuscular release massage therapy in five individuals with chronic obstructive lung disease. *Clin Nurs Res* 7 (3) : 309-325, 1998
 - 25) Renfroe KL: Effect of progressive relaxation on dyspnea and state anxiety in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart Lung* 17 (4) : 408-413, 1988
 - 26) Singh VP, Rao V, et al.: Comparison of the effectiveness of music and progressive muscle relaxation for anxiety in COPD – A randomized controlled pilot study. *Chron Respir Dis* 6 (4) : 209-216, 2009
 - 27) Gift AG, Moore T, et al.: Relaxation to reduce dyspnea and anxiety in COPD patients. *Nurs Res* 41 (4) : 242-246, 1992
 - 28) Yilmaz CK, Kapucu S: The effect of progressive relaxation exercises on fatigue and sleep quality in individuals with COPD. *Holist Nurs Pract* 31 (6) : 369-377, 2017
 - 29) Şahin ZA, Dayapoğlu N: Effect of progressive relaxation exercise on fatigue and sleep quality in patients with chronic obstructive lung disease (COPD) . *Complement Ther Clin Pract* 21 (4) : 277-281, 2015
 - 30) Devine EC, Percy J: Meta-analysis of the effects

- of psychoeducational care in adults with chronic obstructive pulmonary disease. *Patient Educ Couns* 29 (2) : 167-178, 1996
- 31) Volpato E, Banfi P, et al.: Relaxation techniques for people with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and a meta-analysis. *Evid Based Complement Alternat Med*: 2015
- 32) Lolak S, Connors GL, et al.: Effects of progressive muscle relaxation training on anxiety and depression in patients enrolled in an outpatient pulmonary rehabilitation program. *Psychother Psychosom* 77(2): 119-125, 2008
- 33) Spahifa JA, Grassino A: Effects of pursed-lips breathing and expiratory resistive loading in healthy subjects. *J Appl Physiol* 80 (5) : 1772-1784, 1996
- 34) Jansang S, Mickleborough T, et al.: Effects of pursed-lip breathing exercise using windmill toy on lung function and respiratory muscle strength in the elderly. *J Med Thai* 99 (9) : 1046-1051, 2016
- 35) Seo K, Hwan PS, et al.: The effects of inspiratory diaphragm breathing exercise and expiratory pursed-lip breathing exercise on chronic stroke patients' respiratory muscle activation. *J Phys Ther Sci* 29 (3) : 465-469, 2017
- 36) Schmidt RW, Wasserman K, et al.: The effect of air flow and oral pressure on the mechanics of breathing in patients with asthma and emphysema. *Am Rev Respir Dis* 90: 564-571, 1964
- 37) Thoman RL, Stoker GL, et al.: The efficacy of pursed-lips breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 93 (1) : 100-106, 1966
- 38) Mueller RE, Petty TL, et al.: Ventilation and arterial blood gas changes induced by pursed lips breathing. *J Appl Physiol* 28 (6) : 784-789, 1970
- 39) Tjep BL, Burns M, et al.: Pursed lips breathing training using ear oximetry. *Chest* 90 (2) : 218-221, 1986
- 40) Jones AY, Dean E, et al.: Comparison of the oxygen cost of breathing exercise and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther* 83 (5) : 424-431, 2003
- 41) Bianchi R, Gigliotti F, et al.: Chest wall kinematics and breathlessness during pursed-lip breathing in patients with COPD. *Chest* 125 (2) : 459-465, 2004
- 42) Breslin EH: The pattern of respiratory muscle recruitment during pursed-lip breathing. *Chest* 101 (1) : 75-78, 1992
- 43) Bianchi R, Gigliotti F, et al.: Patterns of chest wall kinematics during volitional pursed-lip breathing in COPD at rest. *Respir Med* 101 (7) : 1412-1418, 2007
- 44) Ramos EMC, Vanderlei LCM, et al.: Influence of pursed-lip breathing on heart rate variability and cardiorespiratory parameters in subjects with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) . *Rev Bras Fisioter* 13 (4) : 288-293, 2009
- 45) Visser FJ, Ramlal S, et al.: Pursed-lips breathing improves inspiratory capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 81 (5) : 372-378, 2011
- 46) Spahija J, de Marchie M, et al.: Effects of imposed pursed-lips breathing on respiratory mechanics and dyspnea at rest and during exercise in COPD. *Chest* 128 (2) : 640-650, 2005
- 47) O'Donnell DE, Sani R, et al.: Expiratory resistive loading in patients with severe chronic air-flow limitation: an evaluation of ventilatory mechanics and compensatory responses. *Am Rev Respir Dis* 136 (1) : 102-107, 1987
- 48) Rossi RC, Vanderlri FM, et al.: Effect of pursed-lip breathing in patients with COPD: linear and nonlinear analysis of cardiac autonomic modulation. *COPD* 11 (1) : 39-45, 2014
- 49) Ingram RH, Schilder DP: Effect of pursed lips expiration on the pulmonary pressure-flow relationship in obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 96 (3) : 381-388, 1967
- 50) Lourens MS, van den Berg B, et al.: Effect of expiratory resistance on gas-exchange and breathing pattern in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients being weaned from the ventilator. *Acta Anaesthesiol Scand* 45 (9) : 1155-1161, 2001
- 51) Garrod R, Dallimore K, et al.: An evaluation of the acute impact of pursed lips breathing on walking distance in nonspontaneous pursed lips breathing chronic obstructive pulmonary disease patients. *Chron Respir Dis* 2 (2) : 67-72, 2005
- 52) Faager G, Ståhle A, et al.: Influence of spontaneous pursed lips breathing on walking endurance and oxygen saturation in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Rehabil* 22 (8) : 675-683, 2008
- 53) Bhatt SP, Luqman-Arafath TK, et al.: Volitional pursed lips breathing in patients with stable chronic

- obstructive pulmonary disease improves exercise capacity. *Chron Respir Dis* 10 (1) : 5-10, 2012
- 54) Cabral LF, D'Elia DC, et al.: Pursed lip breathing improves exercise tolerance in COPD: a randomized crossover study. *Eur J Phys Rehabil Med* 51 (1) : 79-88, 2015
- 55) Nield MA, Soo Hoo GW, et al.: Efficacy of pursed-lips breathing: a breathing pattern retraining strategy for dyspnea reduction. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 27(4): 237-244, 2007
- 56) Roberts SE, Stern M, et al.: The use of pursed lips breathing in stable chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review of the evidence. *Phys Ther Rev* 14 (4) : 240-246, 2009
- 57) 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
- 58) Holland AE, Hill CJ, et al.: Breathing exercises for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*: 2012
- 59) Borge CR, Hagen KB, et al.: Effects of controlled breathing exercise and respiratory muscle training in people with chronic obstructive pulmonary disease: results from evaluating the quality of evidence in systematic reviews. *BMC Pulm Med* 14: 2014
- 60) Vitacca M, Clini E, et al.: Acute effects of deep diaphragmatic breathing in COPD patients with chronic respiratory insufficiency. *Eur Respir J* 11 (2) : 408-415, 1998
- 61) Fernandes M, Cukier A, et al.: Efficacy of diaphragmatic breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis* 8 (4) : 237-244, 2011
- 62) Cancelliero-Gaiad KM, Ike D, et al.: Respiratory pattern of diaphragmatic breathing and pilates breathing in COPD subjects. *Braz J Phys Ther* 18(4): 291-299, 2014
- 63) Sackner MA, Gonzalez HF, et al.: Effects of abdominal and thoracic breathing on breathing pattern components in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 130 (4) : 584-587, 1984
- 64) Brach BB, Chao RP, et al.: ¹³³Xenon washout patterns during diaphragmatic breathing: studies in normal subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 71 (6) : 735-739, 1977
- 65) Ito M, Kakizaki F, et al.: Immediate effect of respiratory muscle stretch gymnastics and diaphragmatic breathing on respiratory pattern. *Intern Med* 38 (2) : 126-132, 1999
- 66) Grimby G, Oxhøj H, et al.: Effects of abdominal breathing on distribution of ventilation in obstructive lung disease. *Clin Sci Med* 48 (3) : 193-199, 1975
- 67) Shearer MO, Banks JM, et al.: Lung ventilation during diaphragmatic breathing. *Phys Ther* 52 (2) : 139-148, 1972
- 68) Sackner MA, Silva G, et al.: Distribution of ventilation during diaphragmatic breathing in obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 109 (3) : 331-337, 1974
- 69) Willeput R, Vachauze JP, et al.: Thoracoabdominal motion during chest physiotherapy in patients affected by chronic obstructive lung disease. *Respiration* 44 (3) : 204-214, 1983
- 70) Sackner MA, Gonzalez H, et al.: Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 130 (4) : 588-593, 1984
- 71) Dos Santos Yamaguti WP, Paulin E, et al.: Air trapping: the major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respirology* 13 (1) : 138-144, 2008
- 72) Santana PV, Prina E, et al.: Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. *J Bras Pneumol* 42 (2) : 88-94, 2016
- 73) Yamaguti WP, Paulin E, et al.: Diaphragmatic dysfunction and mortality in patients with COPD. *J Bras Pneumol* 35 (12) : 1174-1181, 2009
- 74) Kang HW, Kim TO, et al.: Influence of diaphragmatic mobility on hypercapnia in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Korean Med Sci* 26 (9) : 1209-1213, 2011
- 75) Miller WF: A physiologic evaluation of the effects of diaphragmatic breathing training in patients with chronic pulmonary emphysema. *Am J Med* 17 (4) : 471-477, 1954
- 76) Sinclair JD: The effect of breathing exercise in pulmonary emphysema. *Thorax* 10 (3) : 246-249, 1955
- 77) Gosselink RA, Wagenaar RC, et al.: Diaphragmatic

- breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Care Med* 151 (4) : 1136-1142, 1995
- 78) Yamaguti WP, Claudino RC, et al.: Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 93 (4) : 571-577, 2012
- 79) Kang JI, Jeong DK, et al.: The effects of breathing exercise types on respiratory muscle activity and body function in patients with mild chronic obstructive pulmonary disease. *J Phys Ther Sci* 28 (2) : 500-505, 2016
- 80) Cole MB, Stansky C, et al.: Studies in emphysema: long-term results of training in diaphragmatic breathing on the course of obstructive emphysema. *Arch Phys Med Rehabil* 43: 561-564, 1962
- 81) Williams IP, Smith CM, et al.: Diaphragmatic breathing training and walking performance in chronic airways obstruction. *Chest* 76 (2) : 164-166, 1982
- 82) Westerdahl E, Lindmark B, et al.: The immediate effects of deep breathing exercises on atelectasis and oxygenation after cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* 37 (6) : 363-367, 2003
- 83) Silva YR, Li SK, et al.: Does the addition of deep breathing exercise to physiotherapy-directed early mobilization alter patient outcomes following high-risk open upper abdominal surgery? cluster randomized controlled trial. *Physiotherapy* 99 (3) : 187-193, 2013
- 84) Chuter TA, Weissman C, et al.: Diaphragmatic breathing maneuvers and movement of the diaphragm after cholecystectomy. *Chest* 97 (5) : 1110-1114, 1990
- 85) Blaney F, Sawyer T: Sonographic measurement of diaphragmatic motion after upper abdominal surgery: a comparison of three breathing manoeuvres. *Physiother Theory Practice* 13: 207-215, 1997
- 86) Lewis LK, Williams MT, et al.: Short-term effects on outcomes related to the mechanism of intervention and physiological outcomes but insufficient evidence of clinical benefits for breathing control: a systematic review. *Aust J Physiother* 53 (4) : 219-227, 2007
- 87) Becklake MR, McGregor M, et al.: A study of the effects of physiotherapy in chronic hypertrophic emphysema using lung function test. *Dis Chest* 26(2): 180-191, 1954
- 88) McNeill RS, McKenzie JM: An assessment of the value of breathing exercises in chronic bronchitis and asthma. *Thorax* 10 (3) : 250-252, 1955
- 89) McKinley H, Gersten JW, et al.: Pressure-volume relationship in emphysema patients before and after breathing exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 42: 513-517, 1961
- 90) Johnston R, Lee KH: Myofeedback: a new method of teaching breathing exercises in emphysematous patients. *Phys Ther* 56 (7) : 826-831, 1976
- 91) Sergysels R, De Coster A, et al.: Functional evaluation of a physical rehabilitation program including breathing exercises and bicycle training in chronic obstructive lung disease. *Respiration* 38 (2) : 105-111, 1979
- 92) Casciari RJ, Fairshter RD, et al.: Effects of breathing retraining in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 79 (4) : 393-398, 1981
- 93) Putt MT, Watson M, et al.: Muscle stretching technique increases vital capacity and range of motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil* 89 (6) : 1103-1107, 2008
- 94) de Sá RB, Pessoa MF, et al.: Immediate effects of respiratory muscle stretching on chest wall kinematics and electromyography in COPD patients. *Respir Physiol Neurobiol* 242: 1-7, 2017
- 95) Han D, Yoon N, et al.: Effects of cervical self-stretching on slow vital capacity. *J Phys Ther Sci* 27 (7) : 2361-2363, 2015
- 96) Wada JT, Borges-Santos E, et al.: Effects of aerobic training combined with respiratory muscle stretching on the functional exercise capacity and thoracoabdominal kinematics in patients with COPD: a randomized and controlled trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 11: 2691-2700, 2016
- 97) Mohan V, Aziz KB, et al.: Effect of intercostals stretch on pulmonary function parameters among healthy males. *EXCLI J* 11: 284-290, 2012
- 98) Puckree T, Cerny F, et al.: Does intercostals stretch alter breathing pattern and respiratory muscle activity in conscious adults? *Physiotherapy* 88 (2) : 89-97, 2002
- 99) Leelarungrayub D, Pothongsunun P, et al.: Acute clinical benefits of chest wall-stretching exercise on expired tidal volume, dyspnea and chest expansion in

- a patient with chronic obstructive pulmonary disease: a single case study. *J Bodyw Mov Ther* 13 (4) : 338-343, 2009
- 100) Fisher MM, Bowey CJ, et al.: External chest compression in acute asthma: a preliminary study. *Crit Care Med* 17 (7) : 686-687, 1989
- 101) Eason J, Tayler D, et al.: Manual chest compression for total bronchospasm. *Lancet* 337: 366, 1991
- 102) Fisher MM, Whaley AP, et al.: External chest compression in the management of acute severe asthma--a technique in search of evidence. *Prehosp Disaster Med* 16 (3) : 124-127, 2001
- 103) 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
- 104) Morino A, Shida M, et al.: Upper extremity muscle tone and response of tidal volume during manually assisted breathing for patients requiring prolonged mechanical ventilation. *J Phys Ther Sci* 27 (8) : 2509-2513, 2015
- 105) Brooks R, Eisenstein EM: Manual external chest compression in severe pediatric asthma. *J Asthma* 53 (6) : 599-600, 2016
- 106) 神津玲：コラム Chest care と呼吸介助法. 呼吸理学療法標準手技. 千住秀明, 眞淵敏・他 監修, 医学書院, 東京, 2008, p95
- 107) 伊橋光二, 齋藤昭彦・他：呼吸介助手技が肺気量分画に与える影響. *理学療法学* 16 (4) : 267-272, 1989
- 108) 鋤崎利貴, 横山茂樹・他：胸郭の柔軟性が呼吸介助手技時の一回換気量に及ぼす影響について. *長崎理学療法* 1: 13-17, 2000
- 109) 梅田幸嗣, 上村洋充・他：用手的呼吸介助手技の相違による横隔膜移動距離の差異について. *日本私立医科大学理学療法学会誌* (25) : 81-84, 2008
- 110) 山崎允, 上村洋充・他：用手的呼吸介助手技施行時の肺気量分画の変化と横隔膜の移動距離の観察. *日本私立医科大学理学療法学会誌* (25) : 113-116, 2008
- 111) 田上未来, 居村茂幸・他：呼吸介助手技中の局所肺換気について－dMRI を用いた二次元画像解析の有用性－. *理学療法科学* 28 (3) : 351-356, 2013
- 112) 千野根勝行：用手的呼吸介助手技が自律神経反応に与える影響. *川崎医療福祉学会誌* 24 (2) : 173-179, 2015
- 113) 高山雄介, 野添匡史・他：背臥位における呼吸介助が局所換気運動に及ぼす影響. *理学療法学* 43 (5) : 368-374, 2016
- 114) 山根緑, 間瀬教史・他：呼吸介助法施行時の呼吸仕事量の特徴について. *臨床理学療法研究* 33: 13-17, 2016
- 115) 岸川典明, 居村茂幸：呼吸介助手技：リラクゼーションの一手段として. *PT ジャーナル* 29 (3) : 209-210, 1995
- 116) 有田健一, 国府島直子・他：肺気腫に対する呼吸介助手技の効果に関する検討. *日呼吸誌* 7 (2) : 84-89, 1997
- 117) 有菌信一, 北川知佳・他：慢性呼吸器疾患患者における呼吸介助法の換気代謝機能へ及ぼす影響. *理学療法群馬* (13) : 48-51, 2002
- 118) 伊橋光二, 齋藤昭彦・他：労作性息切れに対する呼吸介助手技の効果. *理学療法学* 17 (2) : 83-90, 1990
- 119) 松本香好美, 黒澤一・他：呼吸理学療法が重症肺気腫患者の肺気量に及ぼす即時的効果についての検討. *総合リハ* 32 (6) : 577-582, 2004
- 120) Yoshimi K, Ueki J, et al.: Pulmonary rehabilitation program including respiratory conditioning for chronic obstructive pulmonary disease (COPD) : improved hyperinflation and expiratory flow during tidal breathing. *J Thorac Dis* 4 (3) : 259-264, 2012

Conditioning in respiratory physical therapy: Relaxation, breathing exercise and thoracic motion range movement

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 to the methods, expected effects and evidence of each procedure for relaxation, breathing exercise, and thoracic motion range movement. The presence or absence of effects and the degree of relaxation achieved differ according to the choice of method and the characteristics of patients with disabilities. Pursed-lips breathing in breathing exercises is mainly recommended for patients with chronic obstructive pulmonary disease, and effects are recognized, with low to moderate quality evidence levels. The long-term effects of another in breathing exercise method, diaphragmatic breathing, have been questioned; however, some patients may experience short-term effects. Thoracic motion range movement has been shown to be effective; however, the evidence to support it is insufficient. It is important that any procedure be performed according to the individual patient's needs.