

特集1 予防的摂食嚥下リハビリテーションへの挑戦

予防的リハビリテーションとしての
MTPSSE における呼吸筋の運動

総説▶

永見慎輔¹⁾ | 西尾正輝²⁾
Shinsuke Nagami | Masaki Nishio

要旨 呼吸筋は発話においては音源の基盤となる重要な役割を有しており、摂食嚥下においては、咳嗽によって気道を浄化し、肺炎を予防するといった役割を担っている。MTPSSEでは必要に応じてEMSTやIMSTを用いた呼吸訓練を「その他のテクニック」としてプログラムに加えることを認めている。発話運動と嚥下運動に求められる声門加圧は異なるため、負荷抵抗を調節する必要がある。MTPSSEでは、最大限度に近い呼吸筋力を発揮して約5秒間持続することを規定している。ブローイング法を用いた呼吸筋および腹筋群のトレーニングは口唇・舌骨上筋群に共同収縮を招く。レジスタンストレーニングに加え、ストレッチを併せて行うのが望ましい。

キーワード▶ MTPSSE, 呼吸筋, 予防, フレイル, サルコペニア, COPD

I. 予防的リハビリテーションにおける
呼吸筋の役割

呼吸とは、「空気中から酸素を取り入れ、細胞の代謝によって生じた二酸化炭素を排出するガス交換」のことを言う。また、呼吸筋とは呼吸に関連する筋の総称である。呼吸筋は複雑な運動学的、生理学的特徴があり、骨格筋と比べて特殊な筋である。呼吸筋は発話においては音源の基盤となる重要な役割を有しており、摂食嚥下においては、咳嗽によって気道を浄化し、肺炎を予防するといった役割を担っている。

呼吸筋は横隔膜、肋間筋、腹筋、呼吸補助筋、上気道の筋に分類される。特に呼吸筋の中心的な役割を担っているのが、横隔膜、肋間筋、腹筋群である^{1,2)}。横隔膜が縮むと胸腔が広がり、肺の中に空気が入って息を吸うことができる(吸気)。反対に横隔膜が緩んで胸腔が縮むと、肺の中の空気が押し出され、息を吐くことができる(呼気)。吸気時に活動する呼吸筋を総称して「吸気筋」と呼び、呼気時に働く筋群のことを「呼気筋」と呼ぶ。

呼吸筋の筋力低下は加齢や疾患の影響を受けることが多数の研究によって明らかになっている。例えば、健常高齢者と若年者の横隔膜圧を比較すると、平均最大横隔膜圧は高齢者より若年者のほうが大きいと報告されている³⁾。また、呼吸筋力の低下は独立して、死亡率と関連することが

報告されており⁴⁾、呼吸筋の運動等による予防的介入が重要なことは言うまでもない。

加えて、近年ではフレイル、サルコペニアといった老年症候群と呼ばれる病態への対応が重要視されている。フレイルは加齢に伴う生理的予備能、恒常性の低下等が発生し、ストレスに対する脆弱性が著しく亢進した状態である。サルコペニアは加齢に伴う骨格筋量の低下に握力・歩行速度等の身体機能の低下が付随した病態である。厚生労働省の報告によると、高齢者の要介護原因の第1位が「認知症」、第2位が「脳血管障害」、第3位が「加齢による衰弱」である。「加齢による衰弱」は要介護の原因が加齢以外に考えられない場合と定義されているが、フレイル、サルコペニアが関連していると推察できる。われわれはこのような病態に対して予防的アプローチを行い、健康寿命の延伸に向かう必要がある。また、呼吸筋力の低下は疾患の影響を受ける。疾患の発症そのものを運動療法や栄養療法で予防することは重要であるが、疾患を発症したクライアントが2次的にフレイル、サルコペニアを発症しないように予防することが重要である。例えば、慢性閉塞性肺疾患(chronic obstructive pulmonary disease: COPD)などの呼吸器疾患においては、サルコペニア、フレイルを合併しやすく、それらの合併により患者の予後が悪化することが明らかになっている⁵⁻⁹⁾。COPD患者のような呼吸器疾患においては、適切な管理とともにフレイル、サルコペニアの予防の

¹⁾川崎医療福祉大学大学院リハビリテーション学部言語聴覚療法学科 (〒701-0193 岡山県倉敷市松島288)

²⁾新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究科保健学専攻言語聴覚学分野 (〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町1398)

[連絡先] 永見慎輔: 川崎医療福祉大学リハビリテーション学部言語聴覚療法学科 (〒701-0193 岡山県倉敷市松島288)

TEL: 086-462-1111 FAX: 086-462-1193 E-mail: nagami@mw.kawasaki-m.ac.jp



図1 市販の呼吸筋力増強器具

- a : Threshold PEP の使用場面. 本来はノーズクリップを用いて実施すると良い。
 b : Threshold IMT の使用場面. 本来はノーズクリップを用いて実施すると良い。
 c : パワーブリーズメディック プラスの使用場面. 本来はノーズクリップを用いて実施すると良い。
 d : パワーブリーズ KH2 の使用場面. 本来はノーズクリップを用いて実施すると良い。
 e : EMST-150™

(西尾正輝:高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (MTPSSE) 第3巻:レジスタンス運動プログラム. 学研メディカル秀潤社:2021より許可を得て引用)

視点を持つことが重要である。COPD 患者や高齢者等の「発話と嚥下」の機能低下は、呼吸と嚥下の整合性の異常や¹⁰⁻¹²⁾、口腔咽頭の感受性低下^{13, 14)}、胃食道逆流症^{15, 16)}等も併発しており、フレイル、サルコペニアだけが影響しているわけではないことに留意が必要である。

本稿では、呼吸筋の運動療法における近年の動向を踏まえた上で、予防的リハビリテーションの見地から西尾が開発した MTPSSE における呼吸筋の運動について概説する。MTPSSE のプログラムについて詳しくは西尾の成書 (MTPSSE 第1巻～3巻)¹⁷⁻¹⁹⁾を参照いただきたい。

II. 呼吸筋に対する運動療法の実際

呼吸は発話および嚥下と密接に関係していることが、よく知られている。しかしながら、発話と嚥下をターゲットとすると、運動療法を実施する場合に、発話と嚥下で適切な負荷量が異なってしまう。例えば、発話の生成に必要な声門下圧は4～8 cmH₂O 程度と小さい²⁰⁾。これに対して、嚥下運動では喉頭もしくは気管に侵入した食塊を嚥下するには、強い声門下圧が必要となる。そのため、発話の生成に必要な呼気圧とは大きく値が異なる。例えば、ディサースリアの臨床では、水のストロー・ブローイング運動が用いられるが、嚥下訓練の一環としての水のストロー・ブローイング運動を行っても、負荷が弱く、筋力強化は困難であ

る。そのため、水のストロー・ブローイング運動が適応となるのは、呼気筋力が著しく低下したクライアントである。呼気筋力・パワーを増強して咳嗽力を向上させることを目的とし、嚥下訓練の一環としてブローイング運動を実施する場合は、より強い呼気圧を随意的に発揮させる必要がある。こうした最大随意呼気圧を増強させる訓練は、一連の報告により咳嗽力の向上に有用であることが示されている。

呼吸筋のトレーニングを大きく大別すると、呼気筋力増強訓練 (expiratory muscle strength training : EMST) と吸気筋力増強訓練 (inspiratory muscle strength training : IMST) に分けられる。EMST は EMT, IMST は IMT と呼ばれることもある。EMST と IMST は、しばしば併用して行われることがある。IMST によって発話と嚥下に一定の効果を示した研究成果の報告は少なく、筆者の知る範囲では国内誌での報告に留まっているのが現状である。しかしながら、理論上は IMST でのトレーニングは、換気量の向上、咳嗽反射の効率の改善、咳嗽機能の改善につながると想定されるため、誤嚥性肺炎の予防等に寄与する可能性があると推察する。加えて、レジスタンストレーニングが可能な器具もバリエーションが増加しているため、今後の研究が期待される。具体的に IMST に用いる器具としては「Threshold IMT[®]」、「パワーブリーズメディックプラス[®]」、「パワーブリーズ KH2[®]」が販売されている (図1)。

EMST は腹筋群とともに強制呼出において活動する呼

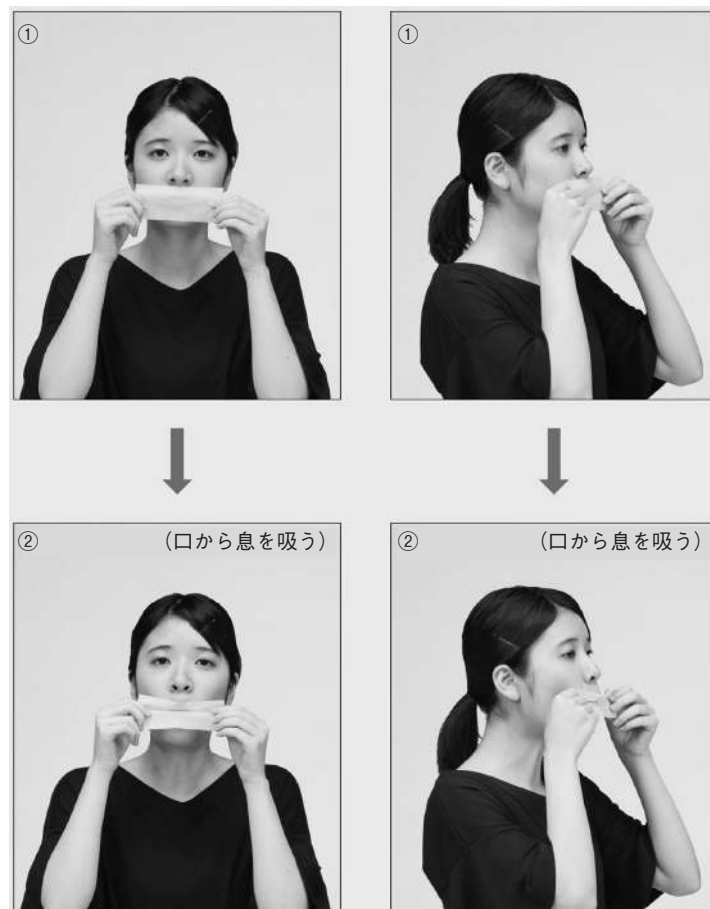


図2 I. MTPSSEの可動域拡大運動プログラムにおける「ガーゼ・吸啜運動」
 (西尾正輝：高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (MTPSSE) 第2巻：可動
 域拡大運動プログラム、学研メディカル秀潤社：2021より許可を得て引用)

気筋を強化し、最大呼気圧を増加させて、咳嗽力を向上させる方法である。また、EMSTの目的は呼吸筋の筋力増強である²¹⁾。EMSTプログラムの有効性に関しては、多くの論文が散見され、高齢者とパーキンソン病患者を対象としたシステマティックレビューで一定の効果が示されている^{22, 23)}。加えて、EMSTは呼吸筋の筋機能改善ばかりでなく、発話²⁴⁾、嚥下^{25, 26)}、音声^{27, 28)}、咳嗽機能²⁹⁻³¹⁾に対して、一定の効果があると報告されている。EMSTを行う場合の器具としては、「Threshold PEP[®]」(図1)が販売されている。Threshold PEP[®]は、5~20 cmH₂Oの間で1 cmH₂Oずつ負荷圧を調整できる。また、米国で販売されているEMST (expiratory muscle strength trainer)-150[™] (Aspire Products, LLC; Gainesville, Florida) (図1)をオンラインで購入することができる。なお、「EMST」は呼吸筋力増強訓練の略語であり、「EMST-150[™]」は製品名である。EMST-150[™]は呼吸筋を強化する器具として0~150 cmH₂Oの間で負荷圧を調整できる。EMSTで器具を用いる利点は、圧力を簡便かつ定量的に調整できる点である。加えて、EMSTを実施することによって舌骨上筋群を強化して嚥下機能を改善させるという多数の報告が存在する^{28, 29, 32-34)}。

さらにEMSTによって口輪筋による口唇閉鎖圧が上昇したと報告されており³⁵⁾、口輪筋の筋力向上が期待できる。つまり、EMSTは呼吸筋のみならず、口輪筋、舌骨上筋群を同時にトレーニングできる訓練の可能性がある。これらと同様の現象はMTPSSEに用いられる、ペットボトルを用いたブローイング運動でも生じるものと推察される。

MTPSSEはこれらのエビデンスに基づき、理論的に体系化されたプログラムが構成されている。例えば、日常生活活動で発揮する筋力は最大随意筋力の20~30%程度とされる³⁶⁾。この程度の筋収縮活動であれば、筋力は徐々に低下することが報告されている³⁷⁾。つまり、「過負荷の原理」で考えると、日常生活活動レベルの筋収縮活動では個人の筋力は維持されるが、筋力増強効果は期待できない。Petersonら³⁸⁾は、レジスタンス運動は特に高負荷のトレーニングで高齢者の筋力を増強させる際に有効であることを示している。また、呼吸筋力増強訓練も高齢者に対して有効であることが示されている³⁹⁾。そのため、MTPSSEの方法論を正確に理解してクライアントに適応させることによって呼吸発声発語器官の筋力増強は十分な効果が期待できる。さらに、MTPSSEでは、器具を用いた、EMSTや



図3 I. MTPSSEの可動域拡大運動プログラムにおける「ガーゼ・ブローイング運動」
 (西尾正輝：高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (MTPSSE) 第2巻：可動域拡大運動プログラム。学研メディカル秀潤社：2021より許可を得て引用)

IMSTを、必要に応じて「その他のテクニック」としてプログラムに加えることを認めている。実際のところ、MTPSSEで採用しているペットボトルを用いたブローイング運動は、適切な負荷抵抗を行うことによってEMSTに属すると考えられる。また、呼吸筋のレジスタンストレーニングは従来の報告から舌骨上筋群、口輪筋の共同収縮を招くと想定され、呼吸筋-舌骨上筋群-口輪筋のユニット訓練としてとらえることができる。後述する、MTPSSEのプログラムの利点は、市販の器具を使用せず実施できる点が長所である。しかし、その方法論や負荷抵抗を正しく理解して使用しなければ、最大限の効果を発揮することが困難になる。以下にMTPSSEにおける呼吸筋の運動について記載するが、新規性に富んだ手技達を本稿のみで身につけることは不可能であるため、本研究会のMTPSSE講習会にご参加いただくことを推奨する。

Ⅲ. MTPSSEにおける呼吸筋の可動域拡大運動について

呼吸筋と深く関わりのある組織として、脊柱・胸郭がある。脊柱・胸郭の可動域を拡大させる運動には、MTPSSE

に含まれている「A.ウォーミングアップ」が挙げられる。MTPSSEに含まれている「A.ウォーミングアップ」は、1) 頸部の運動、2) 肩甲帯の運動、3) 胸腰部の運動から構成されている。ストレッチを中心としたプログラムで構成されており、脊柱・胸郭に関する筋・腱・靭帯の柔軟性を高め、関節可動域を拡大させる効果が期待できる。脊柱が姿勢や呼吸筋と関連することを示した報告は多い。例えば、胸椎後弯と肩関節の可動域には密接な関連があることが報告されている。また、骨盤と胸部の動きが連動することも報告されている⁴⁰⁻⁴²⁾。さらに、呼吸機能の機能低下を予防するために、ストレッチ、ウォーミングアップ、柔軟性トレーニング等をレジスタンストレーニングと併用することの有用性も示されている⁴³⁻⁴⁵⁾。上記を踏まえ、MTPSSEにおいても本プログラムが推奨するウォーミングアップを実施することが望まれる。

可動域拡大運動プログラムにおける呼吸筋の運動プログラムでは、「ガーゼ・吸啜運動」(図2)と「ガーゼ・ブローイング運動」(図3)を実施する。可動域拡大運動プログラムではあるが、吸気筋もしくは呼気筋の著しい筋力低下を呈するクライアントに対して筋力増強をはかる。日常の臨

表1 メイントレーニング, 一般小項目

呼吸筋(吸気筋・呼気筋)の運動
21. ペットボトル・吸嚙運動
22. ガーゼ・吸嚙運動
23. ペットボトル・ブローイング運動
24. ガーゼブローイング運動
25. 口すぼめ呼吸

表2 メイントレーニング, 特殊小項目

呼吸筋(吸気筋・呼気筋)の運動
15. チューブトレーニングテクニック ・呼吸筋(吸気筋)へのアプローチ
16. スーパーテクニック ・拳ブローイング運動/拳吸嚙運動

床で多くの言語聴覚士が使用している織布タイプの「ガーゼ」を用いた訓練プログラムであり、安価な消耗品だけを用いるので、幅広い層のクライアントに導入しやすい。MTPSSEの呼吸筋の運動では、市販の器具・用具を使用することはほとんどなく、運動療法が主軸となっている。

発話では、呼気圧の上昇、発声音源の補償、音量の増大等が目的となる。適応となるクライアントは、標準ディサースリア検査において「③呼気圧・持続時間」で段階0～2と判定された者が、これらの課題の適応となる。また、トレーニングにより同検査課題で段階3に達すると、[Ⅱ. レジスタンス運動プログラム]へと移行する。標準ディサースリア検査においては、ディサースリア臨床研究会の研修会に参加されることを推奨する。嚙下においては咳嗽機能向上への関与を想定しており、咽頭残留物、喉頭侵入物、誤嚙物の喀出の強化を目的として用いる。

IV. MTPSSE における呼吸筋のレジスタンス運動プログラムについて

予防的リハビリテーションとしての発話と嚙下の機能向上を目的とする場合、最大随意呼気筋力の増強が一番の目的となる。具体的には、呼吸筋の筋力、パワー、持久力、スピードを向上させる。そのため、目的が発話機能の向上であろうと嚙下機能の向上であろうと、呼吸筋へ負荷抵抗を行うという点においては同様のアプローチを行う。しかしながら、発話と嚙下では、呼吸筋が果たす役割に相違があることは前述した通りである。また、誤嚙物の喀出能力は、しばしば経口摂取開始の条件に加えられるほど重要視されてきた。

MTPSSEの呼気筋力を増強させるプログラムは、一般小項目と特殊小項目に大別される。プログラムの多くは、吸嚙運動とブローイング運動とを中心に構成されている。MTPSSEの呼吸筋の運動では、できるだけ最大限度に近い呼気筋力を発揮して約5秒間持続することを規定している。予防的リハビリテーションとして呼吸筋の運動を実施するに当たり、アドヒアランスを維持することが重用である。表1、2の項目からも判断することができるが、MTPSSEのレジスタンス運動プログラムでは可動域拡大運動同様に、高額な市販の器具を必要とせず、廉価な物



拳ブローイング運動



拳吸嚙運動

図4 MTPSSEのレジスタンス運動プログラムにおける「拳ブローイング運動」

(西尾正輝：高齢者の発話と嚙下の運動機能向上プログラム(MTPSSE)第3巻：レジスタンス運動プログラム、学研メディカル秀潤社：2021より許可を得て引用)

品(プラスチックペットボトル、ガーゼ、ゴムチューブ、ノーズクリップ等)のみを使用する。この利点は、呼吸筋トレーニングの器具はクライアントごとに準備する必要があるのであるため、安価で清潔であることがアドヒアランス維持において重用な要素となる。さらに、高額な特定の器具を準備する必要があると、目的の訓練を実施できないことや、

経済的負担を強いることになる可能性がある。加えて、特殊小項目の「拳ブローイング運動 (図4)」は、クライアント自身あるいは臨床家の手指を用いて、抵抗の程度を容易に調節可能な新規性の高い手技である。定期的に呼吸筋力計などを用いて測定することで筋力の変化の程度を定量的に測定することができ、その臨床効果を客観的に示すことができると考えられる。

V. まとめ

呼吸筋の役割および呼吸筋の運動療法の実際について概説した上で、MTPSSEにおける呼吸筋のトレーニングの考え方を解説した。本稿が多くのクライアントに還元される一助になることを期待している。

文 献

- 1) Okazaki T, Liang F, Li T, et al : Muscle-specific inhibition of the classical nuclear factor-kappaB pathway is protective against diaphragmatic weakness in murine endotoxemia. *Crit Care Med*, 42 : e501-e509, 2014.
- 2) Mojumdar K, Liang F, Giordano C, et al : Inflammatory monocytes promote progression of Duchenne muscular dystrophy and can be therapeutically targeted via CCR2. *EMBO Mol Med*, 6 : 1476-1492, 2014.
- 3) Tolep K, Higgins N, Muza S, et al : Comparison of diaphragm strength between healthy adult elderly and young men. *Am J Respir Crit Care Med*, 152 : 677- 682, 1995.
- 4) Buchman AS, Boyle PA, Wilson RS, et al : Pulmonary function, muscle strength and mortality in old age. *Mech Ageing Dev*, 129 : 625-631, 2008.
- 5) Benz E, Trajanoska K, Lahousse L, et al : Sarcopenia in COPD : a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir Rev*, 28(154) : 190049, 2019.
- 6) Maddocks M, Kon SS, Canavan JL, et al : Physical frailty and pulmonary rehabilitation in COPD : a prospective cohort study. *Thorax*, 71(11) : 988-995, 2016.
- 7) Marengoni A, Vetrano DL, Manes-Gravina E, et al : The relationship between COPD and frailty : A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Chest*, 154(1) : 21-40, 2018.
- 8) Jones SE, Maddocks M, Kon SS, et al : Sarcopenia in COPD : prevalence, clinical correlates and response to pulmonary rehabilitation. *Thorax*, 70(3) : 213-218, 2015.
- 9) Byun MK, Cho EN, Chang J, et al : Sarcopenia correlates with systemic inflammation in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 12 : 669-675, 2017.
- 10) Nagami S, Oku Y, Yagi N, et al : Breathing-swallowing discoordination is associated with frequent exacerbations of COPD. *BMJ Open Respir Res*, 4(1) : e000202, 2017.
- 11) Yagi N, Oku Y, Nagami S, et al : Inappropriate timing of swallow in the respiratory cycle causes breathing-swallowing discoordination. *Front Physiol*, 8 : 676, 2017.
- 12) Yoshimatsu Y, Tobino K, Nagami S, et al : Breathing-swallowing discoordination and inefficiency of an airway protective mechanism puts patients at risk of COPD exacerbation. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 15 : 1689-1696, 2020.
- 13) da Rosa FB, Pasqualoto AS, Steele CM, et al : Oral and oropharyngeal sensory function in adults with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Speech Lang Pathol*, 29(2) : 864-872, 2020.
- 14) Yoshimatsu Y, Tobino K, Sueyasu T, et al : Repetitive saliva swallowing test and water swallowing test may identify a COPD phenotype at high risk of exacerbation. *Clin Respir J*, 13(5) : 321-327, 2019.
- 15) Terada K, Muro S, Sato S, et al : Impact of gastro-oesophageal reflux disease symptoms on COPD exacerbation. *Thorax*, 63(11) : 951-955, 2008.
- 16) Mokhlesi B, Morris AL, Huang CF, et al : Increased prevalence of gastroesophageal reflux symptoms in patients with COPD. *Chest*, 119(4) : 1043-1048, 2001.
- 17) 西尾正輝 : 高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム MTPSSE 第1巻. 学研メディカル秀潤社, 2021.
- 18) 西尾正輝 : 高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム MTPSSE 第2巻. 学研メディカル秀潤社, 2021.
- 19) 西尾正輝 : 高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム MTPSSE 第3巻. 学研メディカル秀潤社, 2021.
- 20) Yorkston KM, Beukelman DR, Strand EA, et al : Management of motor speech disorders in children and adults. Pro-Ed, 1999.
- 21) Suzuki S, Sato M, Okubo T : Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. *Thorax*, 50 : 366-370, 1995.
- 22) Templeman L, Roberts F : Effectiveness of expiratory muscle strength training on expiratory strength, pulmonary function and cough in the adult population : a systematic review. *Physiotherapy*, 106 : 43-51, 2020.
- 23) Van Hooren MR, Baijens LW, Voskuilen S, et al : Treatment effects for dysphagia in Parkinson's disease : a systematic review. *Parkinsonism Relat Disord*, 20(8) : 800-807, 2014.
- 24) Jones HN, Donovan NJ, Sapienza CM, et al : Expiratory muscle strength training in the treatment of mixed dysarthria in a patient with Lance-Adams Syndrome. *J med Speech Lang Pathol*, 14 : 207-217, 2006
- 25) Wheeler KM, Chiara T, Sapienza CM : Surface electromyographic activity of the submental muscles during swallow and expiratory pressure threshold training tasks. *Dysphagia*, 22(2) : 108-116, 2007.
- 26) Pitts T, Bolser D, Rosenbek J : Impact of expiratory muscle strength training on voluntary cough and swallow function in Parkinson disease. *Chest*, 135(5) : 1301-1308, 2009.
- 27) Wingate JM, Brown WS, Shrivastav R, et al : Treatment outcomes for professional voice users. *J Voice*, 21(4) : 433-449, 2007.
- 28) Troche MS, Okun MS, Rosenbek JC, et al : Aspiration and swallowing in Parkinson disease and rehabilitation with EMST : a randomized trial. *Neurology*, 75(21) : 1912-1919, 2010.
- 29) Sasaki M, Kurosawa H, Kohzuki M : Effects of inspiratory and expiratory muscle training in normal subjects. *J Jpn Phys Ther Assoc*, 8(1) : 29-37, 2005.
- 30) Kim J, Davenport P, Sapienza C : Effect of expiratory muscle strength training on elderly cough function. *Arch Gerontol Geriatr*, 48(3) : 361-366, 2009.

- 31) Chiara T, Martin AD, Davenport PW, et al : Expiratory muscle strength training in persons with multiple sclerosis having mild to moderate disability : effect on maximal expiratory pressure, pulmonary function, and maximal voluntary cough. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(4) : 468-473, 2006.
- 32) 福岡達之, 杉田由美, 川阪尚子, 他. 呼吸抵抗負荷トレーニングによる舌骨上筋群の筋力強化に関する検討. *日本摂食嚥下リハビリテーション学会誌*, 15 : 174-182, 2011.
- 33) Wheeler-Hegland KM, Rosenbek JC, Sapienza CM : Submental sEMG and hyoid movement during Mendelsohn maneuver, effortful swallow, and expiratory muscle strength training. *J Speech Lang Hear Res*, 51(5) : 1072-1087, 2008.
- 34) Park JS, Oh DH, Chang MY, et al : Effects of expiratory muscle strength training on oropharyngeal dysphagia in subacute stroke patients : a randomised controlled trial. *J Oral Rehabil*, 43(5) : 364-372, 2016.
- 35) Yanagisawa Y, Matsuo Y, Shuntoh H, et al : Effect of expiratory resistive loading in expiratory muscle strength training on orbicularis oris muscle activity. *J Phys Ther Sci*, 26(2) : 259-261, 2014.
- 36) Hettinger TH : *Isometrisches muskel training*. Georg Thieme, 1964.
- 37) Muller E : Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil*, 51 : 449-462, 1970.
- 38) Peterson MD, Rhea MR, Sen A, et al : Resistance exercise for muscular strength in older adults : a meta-analysis. *Ageing Res Rev*, 9(3) : 226-237, 2010.
- 39) Kim J, Davenport P, Sapienza C : Effect of expiratory muscle strength training on elderly cough function. *Arch Gerontol Geriatr*, 48(3) : 361-366, 2009.
- 40) Barrett E, O'Keeffe M, O'Sullivan K, et al : Is thoracic spine posture associated with shoulder pain, range of motion and function? A systematic review. *Man Ther*, 26 : 38-46, 2016.
- 41) Hunter DJ, Rivett DA, McKeirnan S : Relationship between shoulder impingement syndrome and thoracic posture. *Phys Ther*, 100(4) : 677-686, 2020.
- 42) Prins MR, Cornelisse LE, Meijer OG, et al : Axial pelvis range of motion affects thorax-pelvis timing during gait. *J Biomech*, 95 : 109308, 2019.
- 43) Minoguchi H, Shibuya M, Miyagawa, et al : Cross-over comparison between respiratory muscle stretch gymnastics and inspiratory muscle training. *Intern Med*, 41(10) : 805-812, 2002.
- 44) Wada JT, Borges-Santos E, Porras DC, 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.
- 45) de Sá RB, Pessoa MF, Cavalcanti AGL, et al : Immediate effects of respiratory muscle stretching on chest wall kinematics and electromyography in COPD patients. *Respir Physiol Neurobiol*, 242 : 1-7, 2017.