

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 における内喉頭筋の運動

総説▶

岩城 忍¹⁾ | 西尾正輝²⁾
Shinobu Iwaki | Masaki Nishio

要旨 高齢者の音声障害に効果のある音声治療手技は複数あるが、本邦においては Vocal Function Exercises (VFEs) の有用性が多く報告されている。VFEs には理学療法的側面と semi-occluded vocal tract exercises (SOVTE) の側面が含まれており、より適した声帯内転運動が促され、発声効率が高まる。さらに、喉頭の機能の一つに気道防御機能があることから、MTPSSE における VFEs を用いた内喉頭筋の運動により声門閉鎖を改善させることで気道防御機能が向上し、誤嚥性肺炎の予防に有効である可能性がある。予防的リハビリテーションとしての可能性における将来展望としては、音声障害、嚥下障害の有無に関わらず地域のコミュニティーと連携して内喉頭筋の運動を含む MTPSSE を長期的に実践していくプログラム作成と運営組織の構築が望まれる。

キーワード▶ 高齢者、音声障害、内喉頭筋、VFEs、高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム、MTPSSE

I. はじめに

従来、内喉頭筋の運動向上に関するアプローチとしては音声治療が用いられてきた。音声治療とは、習慣化した望ましくない発声行動を望ましい発声行動に再度習慣化することを目的とした発声行動変容法である¹⁾。その適応は、器質的疾患の有無にかかわらず、発声時に内・外喉頭筋の筋緊張が不適切である結果、誤った発声法となり、声に関する問題が起こっている場合である。したがって、疾患ごと、あるいは年齢に応じた治療法の分類は行われていない。一方で音声障害を主訴として耳鼻咽喉科を受診する割合は加齢とともに増加し、65歳以上では第6位、75歳以上では第3位²⁾にまで上昇する。しかし、実際には音声治療を受けるまで至らないことも多い。その理由の一つに高齢者の音声障害を対象とした音声治療を実施できる施設が探せない³⁾ことが含まれる。これまで音声治療を専門的に行っている施設は少なかった。しかし近年、音声治療を実施する施設が増加してきており、本邦における高齢者の音声障害に対する音声治療の有用性に関する報告も増加してきた。今後さらに音声治療の有用性が啓発され、多くの施設で音声治療が実施されることが予想される。

年齢に応じた治療法の明確な分類はなされていないものの、高齢者の音声障害に効果のある音声治療手技として報

告されているものとして、Vocal Function Exercises (VFEs)^{4,5)}、Lessac-Madsen Resonant Voice Therapy (共鳴協調訓練)^{6,7)}、Lee Silverman Voice Treatment⁸⁾、Semi-Occluded Vocal Tract (SOVT)^{6,7)}、Phonation Resistance Training Exercise (PhoRTE)⁹⁾などがある。本邦においてはこれまで主に VFE の有用性が多く報告されてきた¹⁰⁻¹³⁾。

この VFEs の手技の一部が「高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (MTPSSE)」の可動域拡大運動プログラムにおける「内喉頭筋の運動」の中に含まれている。本稿では、VFEs をはじめとした高齢者に対して有効とされている音声治療手技を紹介し、喉頭機能における加齢変化の予防の可能性について検討することを目的とする。

II. 高齢者の音声障害とは

加齢による変化は発声発語器官のあらゆる部位に起こる。発声に直接関わる部位を取り上げると、声帯は、加齢に伴い声帯粘膜固有層と筋層の容積が減少し、声帯膜様部が弓状弛緩する^{14,15)}(図1)。このような声帯粘膜の萎縮は、男性に多く見られ、声門閉鎖不全、氣息性嘔声、声帯振動の減弱をきたす¹⁵⁾。一方、女性の場合は粘膜固有層浅層が浮腫をきたすことが多いとされる¹⁶⁾。

呼吸を供給する呼吸器系の変化としては肺胞周囲の弾性

¹⁾ 神戸大学医学部附属病院リハビリテーション部 (〒650-0017 兵庫県神戸市中央区楠町 7-5-2)

²⁾ 新潟医療福祉大学大学院医療福祉学専攻言語聴覚学分野 (〒950-3198 新潟県新潟市北区鳥見町 1398)

[連絡先] 岩城 忍: 神戸大学医学部附属病院耳鼻咽喉・頭頸部外科 (〒650-0017 兵庫県神戸市中央区楠町 7-5-2)

TEL: 078-382-6024 FAX: 078-382-6039 E-mail: iwaki1104@gmail.com

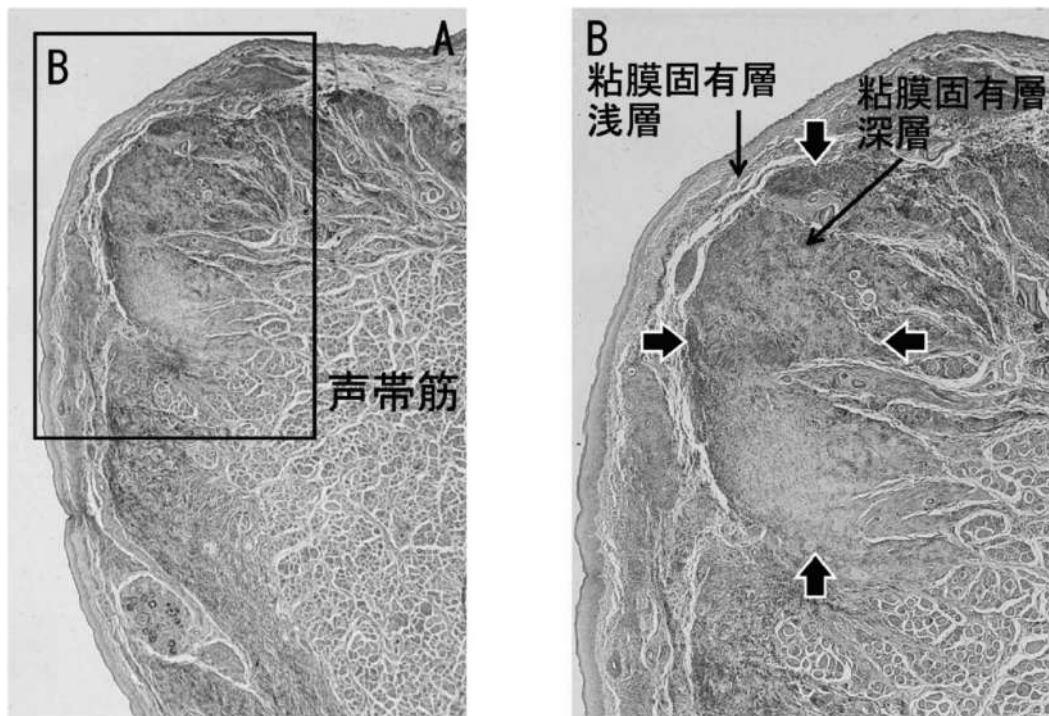


図1 高齢者の声帯(97歳, 男性)(前額断標本, Elastica van-Gieson 染色)

粘膜固有層浅層は薄く, 膠原線維が増生しその密度が高くなっている. 粘膜固有層深層には膠原線維の塊を認め(B: 矢印), 線維性結合組織が増生している. B: Aの黒枠の拡大

(文献14)より許可を得て引用)

線維減少, 胸郭変形, 呼吸筋力の低下¹⁷⁾が起こる. これらの変化により肺の弾性コンプライアンスが低下し呼気流が不安定になり¹⁸⁾, 発声時に安定した呼気が得られなくなる.

このように, 加齢により呼気の供給源と振動体の双方に変化が起こることから, 音声を改善させるにあたっては双方へのアプローチが必要となる.

Ⅲ. Vocal Function Exercises (VFEs)

1. VFEsとは

VFEsは音声を作り出す過程(呼吸・発声・共鳴)の総合的な調節能力を高めることで音声を改善することを目的としている「包括的音声治療」の中の一つであり, Stemple¹⁹⁾によりプログラム化された. その目的は1)内喉頭筋の筋力増強と筋相互のバランス調整を行う, 2)声帯の内転力を向上させる, 3)音声の生成にかかわる呼吸, 発声, 共鳴の協調性を向上させることである²⁰⁾. こうした機能的変化により, 発声の効率が向上し声質が改善する^{11, 21)}.

上記の目的から, 高齢者の音声障害の原因である声帯筋の萎縮, 呼気流の不安定さなどにも対応しうる手技であると考えられる. また, 音声の聴覚心理的な異常(声の高さ, 強さなど)そのものの改善を目的とする「状対処的音声治療」の場合, 新しい発声様式を獲得しそれを単語, 文, 会話へと汎化させていく必要があるが, 高齢者の場合

加齢に伴う認知面の変化もあり, 若年者に比べて新しい発声様式の習得や汎化に困難をきたす例も存在する. その点, VFEsは決まったプログラムを規定回数行うだけでよく, 系統的な汎化練習が不要であることから高齢者にも取り組みやすいと考えられる²²⁾.

2. VFEsの練習内容

VFEsは以下の4項目で構成されており, 各課題を2回ずつ毎日2回, 6~8週間継続して行う.

VFEsの練習内容

- ①発声持続練習(喉頭筋のウォームアップ)
- ②音階上昇練習(喉頭筋のストレッチ)
- ③音階下降練習(喉頭筋の収縮)
- ④特定の高さでの発声持続練習(喉頭筋の筋力アップ)

以下に各練習項目の具体的な実施方法とその目的を述べる.

①発声持続練習では, 柔らかい声で「イー」または「ニー」をできるだけ長く持続発声する. 顔の前面(鼻梁)での振動を感じさせながら発声させる. 鼻梁での振動が理解しづらい場合, あるいは過緊張性発声を呈している場合は「ニー」を使用する.

②音階上昇練習では, 口唇を丸めてやや前に突き出し, 咽頭を開く逆メガフォン型(図2)を作り, 口唇で振動を感じながら, 「ノー」を用いて最も低い声から最も高い声ま



逆メガフォン型発声。「ノー」発声時では、咽頭を拡大する一方で口唇を丸めて声道を狭窄し、口腔・咽頭の形態は逆メガフォン型になる。



メガフォン型発声。「アー」発声時では口唇が大きく開き、メガフォン型になる。

図2 発声時の口腔・咽頭の形態

(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)

でゆっくりなめらかに上昇させる。声区の変換点周辺で音声途切れないように注意する。最も高い音では音声途切れることがあるが、音声が出なくても音階を上昇し続けて声帯をストレッチし続ける。

③音階下降練習では、②と同様の逆メガフォン型を作り、口唇で振動を感じながら「ノー」を用いて楽な高い声から最も低い声までゆっくりなめらかに下降させる。途中で音声途切れないように注意する。また、低音で喉を絞るような発声にならないように注意する。

④特定の高さでの発声持続練習では、逆メガフォン型を作り、口唇で振動を感じながら、成人男性ではC₄、D₃、E₃、F₃、G₃、成人女性ではC₄、D₄、E₄、F₄、G₄の5つの高さで、「オー」をできるだけ長く持続発声させる。

いずれの練習も、過緊張性発声や喉詰め発声にならないように注意すること、常に鼻梁や口唇での振動を感じながら発声することが重要である。実施困難な場合は、口唇トリルや舌トリルを用いても良い。

3. VFEsに含まれる目的と期待できる効果

(1) 理学療法的側面

VFEsの背景には骨格筋に対する理学療法的見解がある。喉頭筋のトレーニングによる変化について、ラットを用いた実験では反回神経に電気刺激を与え続けた結果、トレーニング後の骨格筋の変化と類似した変化が甲状披裂筋内に起きたという報告がある²³⁾。

骨格筋の加齢性変化に対しては筋量・筋力の増強を目的としたレジスタンストレーニングが有効とされている²⁴⁾。レジスタンストレーニングには等尺性運動と等張性運動が含まれているが、VFEsにも等尺性運動に相当する発声持続訓練と等張性運動に相当する音階上昇・下降訓練が含ま

れる²⁵⁾。そのため高齢者における身体機能の改善と同様に音声に関しても前述したVFEsの3つの目的が達成され、発声効率の向上、声質の改善が可能になると考えられている¹⁹⁾。

(2) semi-occluded vocal tract exercises (SOVTE) の側面

VFEsでは逆メガフォン型の口型が強調される。実施困難な場合は口唇トリル、舌トリルを用いるが、これらは全てSOVTEの側面が含まれている^{26,27)}。SOVTとは、声道の一端(口唇)で狭窄を作ることによって発声時に呼気の一部が逆流し、口腔内圧が上昇し、咽頭腔が拡大することである。これら声門上圧の上昇により、両側声帯の閉鎖強度が低下して過内転もしくは過緊張発声が抑制されてより適した声帯内転運動が促され、発声効率が高まるとされる²⁸⁾。

SOVTEには、逆メガフォン型の口型、口唇・舌トリルの他に、チューブ発声法^{29,30)}やwater resistance therapy (WRT)³¹⁾なども含まれる。チューブ発声法やWRTでは、声道が人工的に長くなるため³²⁾、トリルなどと比較するとより声門上圧が高まる。Meerschmanら³³⁾は、口唇トリル、チューブ発声法、WRTの3種のSOVTEの効果を比較検討し、3種とも効果が得られたが、WRTにてより快適で自覚的に望ましい声質の改善が得られたと報告している。

IV. VFEsの効果

VFEsの訓練効果として、嘖声度、最長発声持続時間(MPT)の延長、最長呼気持続時間の延長、声域の拡大、声量の増大、Voice Handicap Index (VHI)の改善、ShimmerやNHRなどの音響学的パラメーターの改善、呼気流

率の改善などが報告されている^{4, 10-13, 19, 28, 34)}。これらは筋力トレーニングに有効であることを示すエビデンスと解釈される³⁵⁾。Angadi ら⁵⁾はシステマティックレビューにて、VFEs が音声正常例、音声障害例、高齢者の音声障害例のいずれにおいても発声機能の向上に有効であると報告している。

V. VFEs による訓練効果の維持と強度

高齢者の VFEs による音声改善の効果がどの程度維持できるのかに関する報告は渉猟した限りほとんどない。筆者は、高齢者の音声障害に対して VFEs 原法施行後 1 年で音声を評価できる機会を得た³⁶⁾。その結果、VFEs 施行後には発声機能に関する指標で一定の改善が得られたものの、1 年後には維持できている指標もある一方、維持できていない指標も多く見られた。高齢者の音声障害では、VFEs 施行後の音声の長期的な維持が困難な例があると考えられた。その要因として、音声治療終了後にも加齢による変化は経年的に進み、発声にかかわる機能も低下することが挙げられる。また、骨格筋に対するレジスタンストレーニングの効果の維持について Connelly ら³⁷⁾は、8 週間トレーニングを行っても 1 年後には最大筋強度が 68.3% 減少したと報告している。つまり、短期的にトレーニングをして能力を高めたとしても中止すればすぐに減退してしまうといえる。

一方、VFEs による筋力増強の効果が 1 年後もある程度維持できている例や、VFEs による音声改善により音声の使用が増加してさらに改善した例も見られた。

以上より、高齢者において VFEs 原法の実施期間（6～8 週間）では不足している可能性が考えられる。VFEs をさらに長期的に継続すること、あるいは積極的に発声の機会を増やすことが必要である。

また、強度の観点からは、VFEs 原法のうち音階上昇・下降練習の実施回数を増やした方が有用であるという報告もある³⁸⁾。また、高齢者が対象ではないものの VFEs の 1 日あたりの実施回数を増やしたほうが MPT が早期に改善するという報告もあり³⁹⁾、高齢者に応用できる可能性もある。

Ziegler は高齢者に対する音声治療手技として Phonation Resistance Training Exercise (PhoRTE) を開発した⁴⁰⁾。PhoRTE の目的は呼吸筋の活動の増大、喉頭筋の活動の増大、声質と持久力の増加を伴った声の大きさの改善である。VFEs が逆メガフォン型の口型を用いるのに対し、PhoRTE ではメガフォン型の口型（図 2）を用いることで、咽頭を狭くしてより声門閉鎖を強化することを目的としている。また、VFEs がやわらかい声を使用するのにに対し、PhoRTE では叫ぶような大声を用いてより高い神経筋活

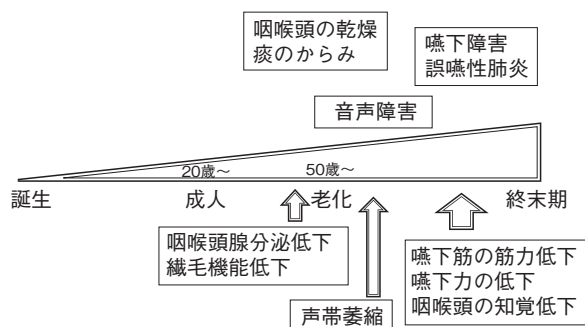


図 3 咽喉頭の老化とそれに伴う障害

多くの場合、まず音声機能が低下し、その後に嚥下障害が出てくると考えられる。

（文献 35）より引用）

動を目的としている。したがって、PhoRTE は VFEs よりも強度が高い手技であり、両者を比較すると PhoRTE のほうがやや効果が高かったと報告している⁹⁾。

以上より、高齢者において VFEs 原法よりもさらに高い強度の手技のほうがよりよい効果をもたらす可能性も考えられる。

VI. 音声治療手技の嚥下機能への応用

声帯は加齢に伴い声帯筋・粘膜とも萎縮し、声門閉鎖力の低下および声門閉鎖不全をきたす。これが誤嚥の原因となり得る³⁵⁾。平野ら³⁵⁾は、「声帯萎縮は音声障害に直結し、嚥下機能にも影響を与え得る。さらに老化が進み、喉頭のみならず嚥下筋の老化とそれに伴う嚥下力の低下、咽喉頭の知覚低下が嚥下障害へとつながり、重症化すると嚥下性肺炎のリスクが高まる。」「臨床的には声がしっかり出ている人が誤嚥をきたすことは少なく、声が最初に悪くなり、そのうち嚥下障害が出現することが多いと考えられる。声が出なくなってきたら要注意であり、喉頭の老化を予防することは高齢者の音声障害・嚥下障害の予防に直結すると言える。」と述べている（図 3）。

図 4 に厚生労働省人口動態統計より肺炎の年齢別死者数を示した。肺炎の年齢別死者の 97.3% を 65 歳以上の高齢者が占めており、75 歳以上の後期高齢者が占める割合は 89.2% である。Teramoto ら⁴¹⁾は肺炎患者における誤嚥の関与は 70 歳代では 70% 程度、80 歳以上では 90% 程度にまで達し、高齢化すればするほど肺炎患者における誤嚥性肺炎が占める割合が高くなると報告しており、その原因として夜間の唾液誤嚥を重視している^{42, 43)}。

喉頭の機能の一つとして空気以外の異物が侵入するのを防ぐ気道防御機能があることを鑑みると、声門閉鎖が不十分である場合、喉頭侵入物、誤嚥物、気道分泌物を嚙出す際の咳嗽力が低下すると考えられる。したがって、声門

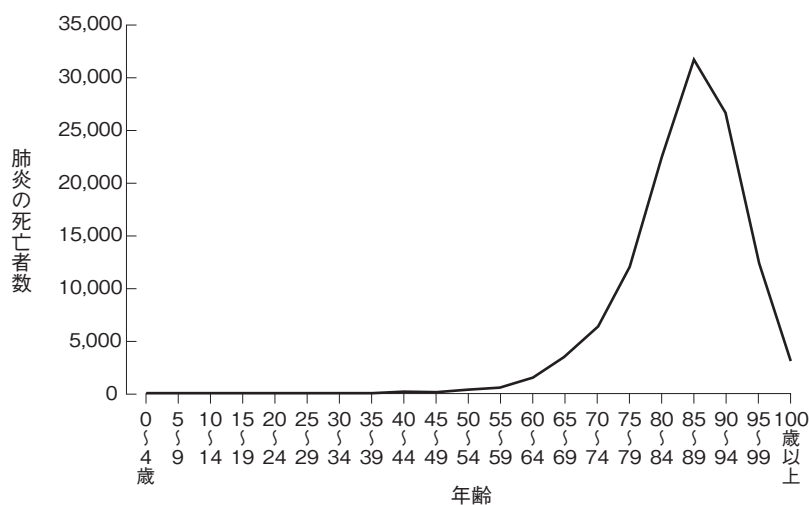


図4 肺炎の年齢別死亡者数
(厚生労働省 2015 年人口動態統計より作成)

閉鎖を改善させることで気道防御機能が向上し、誤嚥による肺炎予防に有効である可能性がある。MTPSSEにおけるVFEsを用いた内喉頭筋の運動により誤嚥による肺炎が減少したとすれば、すなわち夜間の唾液誤嚥を軽減できる手技でもあると言えよう。このようにMTPSSEではVFEsを用いて声帯萎縮を予防・改善し、気道防御機能を向上させて誤嚥性肺炎の予防に役立てようとする点で新規性に富んでいる。

さらに、声門閉鎖の強化による嚥下障害の改善例として、山野ら⁴⁴⁾は一側性声帯麻痺症例に対し声帯内方移動術（甲状軟骨形成術Ⅰ型、声帯内脂肪注入術）を行った結果、麻痺側クリアランス障害、喉頭侵入、挙上期型誤嚥が改善したと報告している。その理由として声門閉鎖が強化されたことによる嚥下圧の上昇、略出力の上昇の効果を挙げている。声帯内方移動術は末梢（声帯）に変化を与える手術手技である。つまり、中枢への直接的なアプローチでなく声門閉鎖を強化するという末梢へのアプローチでも嚥下機能が改善することを示しており、音声治療による声門閉鎖の改善が嚥下機能の改善につながる可能性を支持するものだと考える。

Ⅶ. 予防的リハビリテーションとしての可能性

Stemple¹⁹⁾やBaneら³⁹⁾によるVFEsの効果に関する報告では、音声正常な例が対象であった。さらに、前述した音声治療手技の嚥下機能への応用の視点も併せると、音声障害や嚥下障害を伴っていない高齢者に、VFEsを含んだ音声治療手技を実施し声門閉鎖を維持・強化することで、音声障害や嚥下障害発症を予防できる可能性があると考えられる。

令和3年版高齢社会白書⁴⁵⁾によると、わが国の高齢化率は28.8%であり、世界でも最も高い高齢化率であるが、60歳～69歳の約7割、70歳以上の約5割弱が働いているか、またはボランティア等何らかの地域社会活動を行っており、高齢者が社会とのつながりを維持したいという意欲は高い。さらに、60～69歳で81.4%、70歳以上で62.6%が今後何らかの学習活動をしたという意欲を持っており、その内容の一つとして健康や医学に関するものが含まれている。その一方で、加齢とともに音声障害を主訴として耳鼻咽喉科を受診する割合は増加し、声に問題を抱える高齢者も多く存在する。前述したようにVFEs原法の実施期間では、訓練効果の長期維持が困難な例も存在する。予防的リハビリテーションとしての可能性における将来展望として、音声障害、嚥下障害の有無に関わらず地域のコミュニティと連携して内喉頭筋の運動を含むMTPSSEを長期的に実践していくプログラム作成と運営組織の構築が望まれる。それにより、高齢者の健康や医学に関する社会参加の希望が叶うのみでなく、音声・嚥下障害の予防が可能となれば健康寿命の延長にも寄与する可能性が期待される。

文 献

- 1) 城本 修：音声障害のリハビリテーション（音声治療）. 日耳鼻, 121:193-200, 2018.
- 2) 杉浦彩子：高齢者によくみられる耳鼻咽喉科疾患の特徴と疫学. 老年医学, 53(4):305-308, 2015.
- 3) 城本 修：加齢に伴う音声変化：声の老化. 言語聴覚研究, 16(4):333-342, 2019.
- 4) Sauder C, Roy N, Tanner K, Houtz DR, Smith ME: Vocal function exercises for presbylaryngis: a multidimensional assessment of treatment outcomes. Ann Otol Rhinol Laryngol, 119:460-467, 2010.
- 5) Angadi V, Croake D, Stemple J: Effects of Vocal Function

- Exercises : A Systematic Review. *J Voice*, 33 : 124.e13-124.e34, 2019.
- 6) Mau T, Jacobson BH, Garrett CG : Factors associated with voice therapy outcomes in the treatment of presbyphonia. *Laryngoscope*, 120(6) : 1181-1187, 2010.
 - 7) Oates JM : Treatment of dysphonia in older people : The role of the speech therapist. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 22 : 477-486, 2014.
 - 8) Lu FL, Presley S, Lammers B : Efficacy of intensive phonatory-respiratory treatment (LSVT) for presbyphonia: Two case reports. *J Voice*, 27(6) : 786 e11-23, 2013.
 - 9) Ziegler A, Verdolini Abbott K, Johns M, et al : Preliminary data on two voice therapy interventions in the treatment of presbyphonia. *Laryngoscope*, 124 : 1869-1876, 2014.
 - 10) Kaneko M, Hirano S, Tateya I, et al : Multidimensional Analysis on the Effect of Vocal Function Exercises on Aged Vocal Fold Atrophy. *J Voice*, 29 : 638-644, 2015.
 - 11) 岩城 忍, 涌井絵美, 高橋美貴, 他 : 高齢者の音声障害に対する Vocal Function Exercises の有効性. *音声言語医学*, 58 : 152-158, 2017.
 - 12) 間藤翔悟, 宮本 真, 渡邊 格, 他 : 加齢性音声障害に対する vocal function exercise の治療効果と患者背景の検討. *言語聴覚研究*, 16 : 87-94, 2019.
 - 13) 南部由加里, 二村吉継, 森 祐子, 他 : 声帯萎縮症例に対する音声治療の検討—加齢による音声障害への対応—. *音声言語医学*, 60 : 43-51, 2019.
 - 14) Sato K, Hirano M : Age-related changes of elastic fibers in the superficial layer of the lamina propria of vocal folds. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 106 : 44-48, 1997.
 - 15) 佐藤公則 : 声帯萎縮の病理組織学. *音声言語医学*, 43 : 432-437, 2002.
 - 16) 平野 滋 : アンチエイジングへの挑戦 : 声のアンチエイジング. *日耳鼻*, 121 : 1-7, 2018.
 - 17) 児島久剛 : 高齢者の喉頭 (発声) 機能. *日気食会報* 45 : 360-364, 1994.
 - 18) 新美成二 : 高齢者と耳鼻咽喉科・愁訴と対応 音声障害. *耳喉頭頸*, 63 : 217-221, 1991.
 - 19) Stemple JC, Lee L, D'Amico B, et al : Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *J Voice*, 8 : 271-278, 1994.
 - 20) Stemple JC : Vocal function exercise. In Behrman A, Haskell J (eds), *Exercises for voice therapy (second edition)*. Plural Publishing Inc., 2013.
 - 21) 城本 修 : チューブ発声法. 広瀬 肇 (編), *ST のための音声障害診療マニュアル*. インテルナ出版, 2008.
 - 22) 岩城 忍, 望月隆一, 山下麻紀, 他 : 加齢による音声障害に対する音声治療の効果. *日気食会報*, 65(1) : 1-8, 2014.
 - 23) McMullen CA, Butterfield TA, Maria Dietrich, et al : Chronic stimulation-induced changes in the rodent thyroarytenoid muscle. *J Speech Lang Hear Res*, 54(3) : 845-853, 2011.
 - 24) 岩岡研典 : 加齢とレジスタンストレーニング. *トレーニング科学研究会編*, pp56-64, 朝倉書店, 東京, 1994.
 - 25) Sabol JW, Lee L, Stemple JC : The value of vocal function exercises in the practice regimen of singers. *J Voice*, 9 : 27-36, 1995.
 - 26) Titze IR : Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract : rationale and scientific underpinnings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 44, 49 : 448-459, 2006.
 - 27) Titze IR, Laukkanen AM : Can vocal economy in phonation be increased with an artificially lengthened vocal tract? A computer modeling study. *Logoped Phoniatr Vocol*, 32 : 147-156, 2007.
 - 28) 川村直子, 城本 修, 望月隆一, 他 : Vocal Function Exercise (VFEs) の訓練効果に影響を及ぼす要因. *音声言語医学*, 55 : 137-145, 2014.
 - 29) Sihvo M, Denizoglu I : *Lax Vox : Voice therapy technique*. Izmir, Turkey : AD, 2007.
 - 30) Sihvo M, Denizoglu I : *Lax Vox : Voice therapy technique*. 2018, <http://laxvox.com/documents/LAXVOX%20handouts.pdf>
 - 31) Guzman, M, Jara R, Olavarria C, et al : Efficacy of water resistance therapy in subjects diagnosed with behavioral dysphonia: a randomized controlled trial. *Journal of Voice*, 31 : 385.e1-385.e10, 2017.
 - 32) Conroy ER, Henninck TM, Awan SN, et al : Effect of variations to a simulated system of straw phonation therapy on aerodynamic parameters using excised canine larynges. *Journal of Voice*, 28 : 1-6, 2014.
 - 33) Meerschman I, Van Lierde K, Ketels J, et al : Effect of three semi-occluded vocal tract therapy programmes on the phonation of patients with dysphonia : lip trill, water-resistance therapy and straw phonation. *Int J Lang Commun Disord*, 54 : 50-61, 2019.
 - 34) Gorman S, Weinrich B, Lee L, et al : Aerodynamic changes as a result of vocal function exercises in elderly men. *Laryngoscope*, 118:1900-1903, 2008.
 - 35) 平野 滋, 杉山庸一郎, 金子真美 : 超高齢社会における高齢者音声・嚥下障害への対応 音声・嚥下機能の維持のための方策. *日本耳鼻咽喉科学会会報*, 121 : 1235-1239, 2018.
 - 36) 岩城 忍, 涌井絵美, 高橋美貴, 他 : 高齢者に対する Vocal Function Exercises の効果の長期維持における問題点. *音声言語医学*, 62 : 116-122, 2021.
 - 37) Connelly DM, Vandervoort AA : Effects of detraining on knee extensor strength and functional mobility in a group of elderly women. *J Orthop Sports Phys Ther*, 26(6) : 340-346, 1997.
 - 38) 兒玉成博, 讃岐徹治 : 加齢性声帯萎縮に対する声域向上を目指した VFE の効果. *音声言語医学*, 60 : 325-331, 2019.
 - 39) Bane M, Angadi V, Dressler E, et al : Vocal function exercises for normal voice : The effects of varying dosage. *J Speech Lang Pathol*, 21(1) : 37-45, 2019.
 - 40) Ziegler A, Hapner ER : Phonation resistance exercise (PhoRTE). In Behrman A, Haskell J (eds), *Exercises for voice therapy (second edition)*. Plural Publishing Inc., 2013.
 - 41) Teramoto S, Fukuchi Y, Sasaki H, et al : High incidence of aspiration pneumonia in community- and hospital-acquired pneumonia in hospitalized patients : a multicenter, prospective study in Japan. *J Am Geriatr Soc*, 56 : 577-579, 2008.
 - 42) 大江元樹 : 増え続ける肺炎から身を守るために. *日本栄養士会雑誌*, 57 : 85-90, 2014.
 - 43) 寺本信嗣 : 誤嚥はどう診断してどう治療に生かすか - 疫学を含めて. *治療学*, 42 : 1222-1226, 2008.
 - 44) 山野貴史, 宮城司道, 市川大輔, 他 : 嚥下機能改善手術としての声帯内方移動術の手術成績. *耳鼻* 58 : 221-226, 2012.
 - 45) 内閣府 : 令和 2 年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況. 令和 3 年度版高齢社会白書.