

特集 第4回日本ディサースリア学術集会

ディサースリアと嚥下障害を同時に
治療・訓練するアプローチ：MTPSSE

総説▶

西尾正輝

Masaki Nishio

要旨 ディサースリアと嚥下障害の合併率は高く、両障害は、障害構造も類似している。したがって、両障害が共有する器官に対して同時並行的にアプローチする機能的治療・訓練システムが求められ、このハイブリッド・アプローチを体系化したものが、「高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム（MTPSSE）」である。系統発生学的に両機能を考察すると、発話は嚥下のための器官を活用して発達した以上、ディサースリアと嚥下障害が同時に障害されるのは必然的である。両障害を同時並行的に治療・訓練し、発話機能と嚥下機能を共存させるのは言語聴覚士に与えられた職責であるという見地から、本稿ではMTPSSEの概要について解説した。

キーワード ディサースリア、嚥下障害、高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム、MTPSSE、系統発生、ハイブリッド・アプローチ

I. 発話運動と嚥下運動の基本的メカニズム

発話（speech）の生成にかかわる末梢の器官を総称して、発声発語器官という。発声発語器官は、1）呼吸器系、2）喉頭、3）声道（構音器官、付属管腔）に分けられる¹⁻⁵⁾。これらの器官の働きについてみると、まず呼吸器系は、発話の生成における空気学的動力源としての役割を果たす。呼吸器系から、音声のエネルギー源として呼気流が喉頭に供給される。喉頭は与えられた呼気流を音響エネルギーに変換して、発話の音源をつくる。この音源のことを、喉頭原音という。ほとんどのヒトでは呼気流を用いて喉頭原音をつくるが、サルやチンパンジーなどでは吸気流を用いるものもある⁶⁾。そして、音源が声道を用いた構音活動によって発話もしくは音声言語音となって空中へ放射される（図1）。

このように、呼吸器系からの呼気流をエネルギーとして喉頭で音源が作られ、声道で修飾されて発話が生成される。こうした発話の生理モデルは音源—フィルター理論（Source-Filter Theory）⁷⁾と呼ばれ、多数の研究者たちによって支持されてきた⁸⁻¹⁰⁾。

構音（articulation）というのは声道における音声言語音を生成する過程と定義され¹¹⁾、1）共鳴、2）気流操作の二つの動作から成る^{5,12)}。共鳴というのは、声道の形状を随意的に変化させて、喉頭原音に特有の共鳴特性を与えて

音声言語音の特徴をつくる現象である。声道とは声門直上より口唇の開口端に至るまでの気道のことをいい、構音器官と同義である。ヒトの声道は口狭を境として口腔と咽頭腔に分けられ、また、鼻腔も声道に含まれる。口腔、咽頭腔、鼻腔から成る声道は、共鳴腔である。母音や鼻音は、主にこうした共鳴によりつくられる。下顎、舌、軟口蓋、口唇といった可動部分は声道の形状を変化させ、喉頭原音に特有の共鳴特性を与える。共鳴特性と関連した音響学的用語として用いられるフォルマントとは、母音を特徴づける優勢な周波数成分のことであり、とりわけ舌が重要な役割を担っている。舌が重度に障害されると構音不能となり、発話不能（anarthria）となる。

気流操作というのは、気管、喉頭を経て声道に導かれた呼気流に対して、構音器官（鼻咽腔、舌、下顎、口唇など）の運動によって閉鎖をつくって開放したり、狭めをつくって気流雑音をつくったりする現象である。子音は、主にこうした気流操作によってつくられる。

すなわち、発話とはエネルギー源としての呼吸器系、音源としての喉頭、共鳴腔としての声道が精緻で協働的に機能することによって生成される空気学的な現象にほかならない。発話は随意的で、発声発語器官を構成する多数の筋が協働的に運動し、一連の音素系列が驚くべきすばやく精緻な動作で作り出される¹³⁾。これに対して、嚥下とは食塊を口腔から胃まで運搬する原始的動作であり、声道は食物道として用いられる。

新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究所保健学専攻言語聴覚学分野

[連絡先] 西尾正輝：新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究所保健学専攻言語聴覚学分野（〒950-3198 新潟県新潟市北区鳥見町1398）

TEL：025-257-4431 FAX：025-257-4431 E-mail：nishio@nuhw.ac.jp

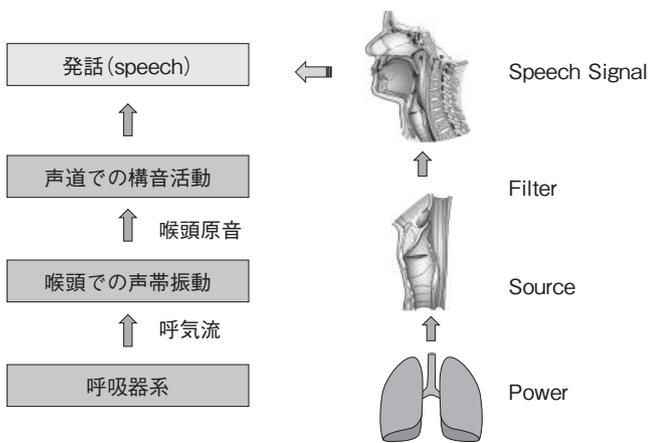


図1 発話の生成モデル (Source-Filter Theory)

音声によるコミュニケーションは、ヒトに限ることなく多くのサル類でみられる行動である。たとえば天敵に対して警戒声を発したり、大声を発して対立的関係にある集団どうしの距離を保ったりする⁶⁾。しかし、そうした発声はヒトの発話とは大きく異なる。とりわけ、構音の過程において共鳴腔の形状を変化させたり気流を複雑精緻に操作することが困難である。

発声の生理そのものはヒトを含めて哺乳類で共通しているとされるが¹⁴⁾、なぜヒトだけが発話を生成することができるのであろうか。近年の研究では、ヒト (*Homo sapiens*) DNA の塩基配列と大型類人猿の塩基配列との類似性は98.5%であるとされている^{15,16)}。もはやヒトとチンパンジーとの遺伝的差はほとんどない、と一般にみなされている^{注1)}。

しかし、ヒトの発話メカニズムには他のいかなる生物にもみられない際立った構造的ならびに生理学的特徴があり、発話の獲得へとつながった。後に比較生物学、進化生物学的、もしくは系統発生的に検討することにより、この難題に向かい合うことにしよう。

II. 発声発語器官 (発話器官) と嚥下器官の重複性

発話運動に関与する末梢の器官 (顔面下部, 下顎, 口腔, 咽頭, 喉頭など) の多くは、嚥下運動にもかかわっているという解剖学的特性を有している¹⁷⁾。図2-aに発話および嚥下運動に関連する器官をブロック状に分割して積み重ねて示した。発話における呼気の通路 (図2-b) と嚥下における食物の通路 (図2-c) をそれぞれ示し、両者を重ねて

示したところ (図2-d)、両運動器官の大部分が重複していることがわかる。両者の主要解剖学的相違点は食道と鼻腔だけである。食道は嚥下の食道期においてのみ、鼻腔は発話の共鳴活動においてのみ用いられる。喉頭は食物の通路ではないが、喉頭挙上により食道入口部が開大すること、誤嚥予防 (気道防御) のために声門閉鎖が行われることなど、喉頭は嚥下運動に密接に関与している。

以上から、発話器官と嚥下器官が共有している部位は、喉頭および声道とまとめることができる。すなわち、上気道である。上気道を構成する口腔, 咽頭腔, 鼻腔は空気を通る導管としての役割を果たすのに対して、喉頭は下気道を防御し肺に出入りする空気の量や流れを調節する。そして、これらの器官はすべて脳神経支配領域であるという特殊性を有する。従来からディサースリアと嚥下障害が合併する割合は高いとされてきた¹⁸⁻²⁰⁾。多数例を扱った先行報告例をみると、Gordon ら¹⁸⁾は、脳卒中患者 91 例の内嚥下障害を認めた症例の96%にディサースリアを認め、嚥下障害を認めなかった症例では51%にディサースリアを認めたとしている。Nishio ら²⁰⁾はディサースリア例 115 例の73.0%で嚥下障害を認めたと報告している。

このような両障害が合併する割合が高い理由として、発話運動と嚥下運動が前述のように多数の器官を共有しているという解剖学的論拠が挙げられる。こうした両運動が共有する解剖学的特性は、リハビリテーションの点からみると、両障害の原因となる運動機能障害は同時に治療を行うことによって両者に対して効果的な結果を得ることができると示唆するものである。西尾ら²¹⁾はディサースリアと嚥下障害のこうした解剖学的特性に着目して両障害に対して同時にリハビリテーションを施行したところ、両者が同時並行的に改善する臨床経過を報告している (図3)。

また、Logemann ら²²⁾は、嚥下障害をスクリーニング評価する上で、ディサースリアは嚥下障害における口腔期障害の有無を推察する極めて鋭敏な予測因子となると報告している。これは、発話器官と嚥下器官が声道を共有していることによる。嚥下運動機能検査 (Assessment of motor function for dysphagia; AMFD)²³⁾は、こうした点に着目して開発されたものであり、臨床的実用性が示されている²⁴⁻²⁶⁾。

ディサースリアと嚥下障害の類似性は、障害構造からも説明することができる。図4に、両者の障害構造を示した。障害構造からみると、ディサースリアと嚥下障害の原因疾患はほぼ同一であり、それによってそれぞれ発声発語器官と嚥下器官の運動機能が障害されるが、上述の通り発声発語器官と嚥下器官はほぼ重複しているため、両障害構造は、図5のように一括して示すことができる。すなわち、同一の原因疾患に起因してほぼ重複しあった発声発語・嚥下器官の運動機能が障害された結果として、発話の障害 (ディ

注1): 最近になって、この解析結果に疑問が生じている。実際には反復配列などの比較は行われておらず、人間の25%のゲノムとチンパンジーの18%のゲノム領域を無視して、残りの領域だけを比較して算出されたものであることが明らかにされたからである。

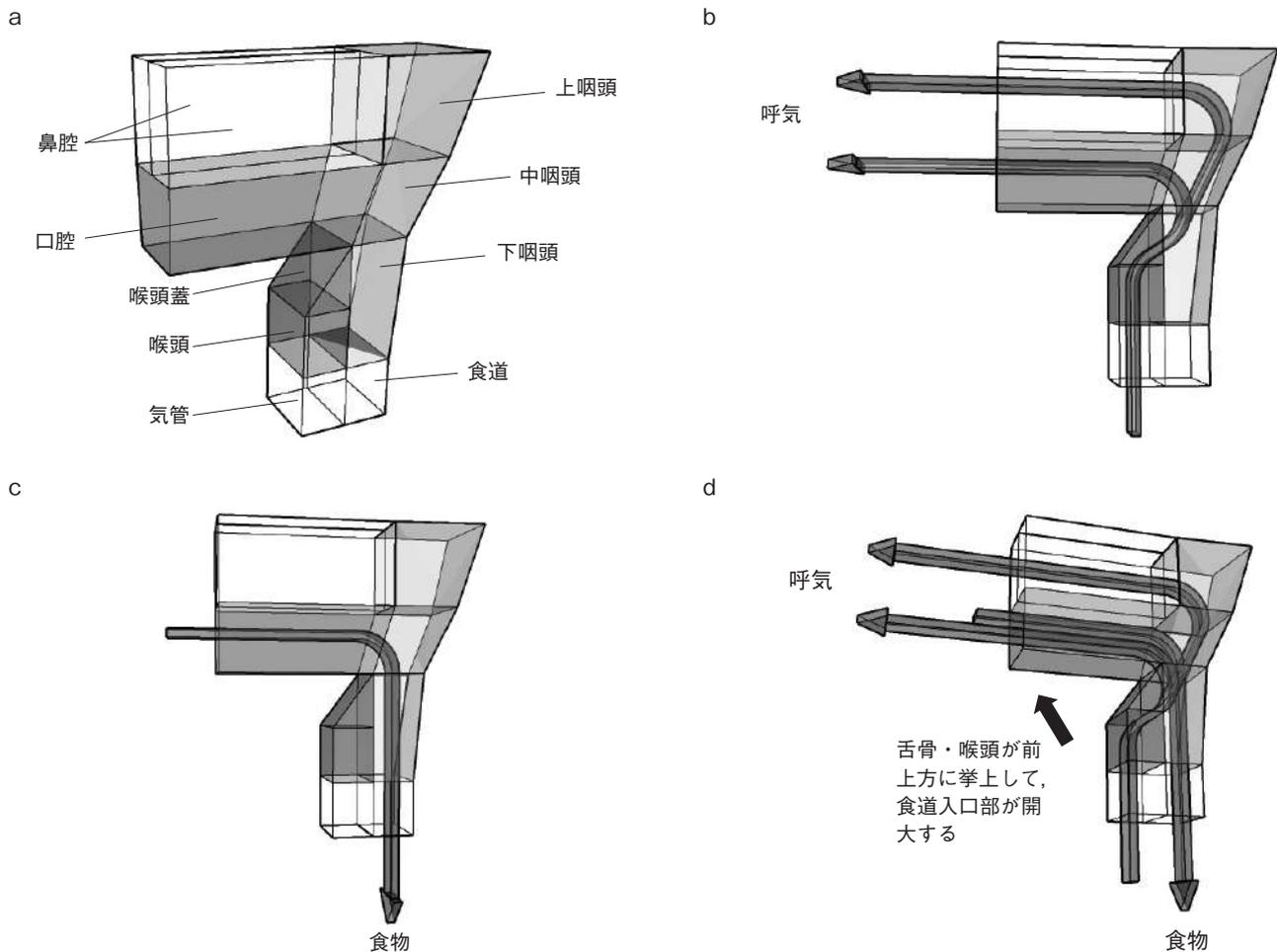


図2 発話と嚥下に関連する器官， a. 各器官をブロック状で示す． b. 発話における呼気の通路． c. 嚥下における食物の通路． d. 発話における呼気の通路と嚥下における食物の通路を重ねて示す．

サースリア) と嚥下障害が発現する。

このように、ディサースリアと嚥下障害は、両障害の合併率の高さの原因となっている発話器官と嚥下器官の解剖学的重複性に注目すると、障害構造では必ずから類似する。したがって、こうした両障害を共起する器官の運動機能障害に同時並行的にアプローチする機能的治療システムが求められる。こうした点に着目し、ハイブリッド・アプローチとして完成させたものが高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (Movement Therapy Program for Speech & Swallowing in the Elderly : MTPSSE) である (図6)。

Ⅲ. 声道の構造的変化に関する系統発生的検討

それでは、発話器官の障害と嚥下器官の解剖学的重複性はどのようにして生じたのであろうか。その関連性について検討を深めることによって、ディサースリアと嚥下障害に対して同時並行的にアプローチする上で多くの示唆を得ることができる。そこで、以下では、両者が共有する声道

の構造的変化に関して系統発生的に検討する。

1. 喉頭と声道の主機能の進化

喉頭の主機能は、空気以外の異物が侵入するのを防ぐ気道防御機能であった²⁷⁻³⁴。両生類、爬虫類から哺乳類になって甲状軟骨や喉頭蓋軟骨が出現し、これらの軟骨は舌骨としっかりと連結し、気管の上端に位置して異物の侵入を防いでいる²⁹。防御反射が働くと、左右一対の声帯が内転して完全閉鎖する括約作用が生じ、咳嗽反射時には大きな呼気流が発生して誤嚥物を咯出する。進³⁵はイヌを対象とした実験にて喉頭閉鎖が下気道の防御において重要な役割を担っていることを明らかにした。この防御機能は、霊長類固有の機能である³⁰。嚥下時や息こらえ時は、声帯ばかりでなく、仮声帯も内転する。括約機構により声門下圧を高めることで、喉頭に侵入した異物を咯出する。こうした胸腔内圧の上昇は、排便、排尿、分娩時にもみられる³³。そしてこのような気道防御機能としての声帯内転機能が、進化の過程において発話における音源である喉頭原音を生成する働きに寄与し、空気エネルギーを音響エネルギーに変換する発声器としての役割を担うようになった。

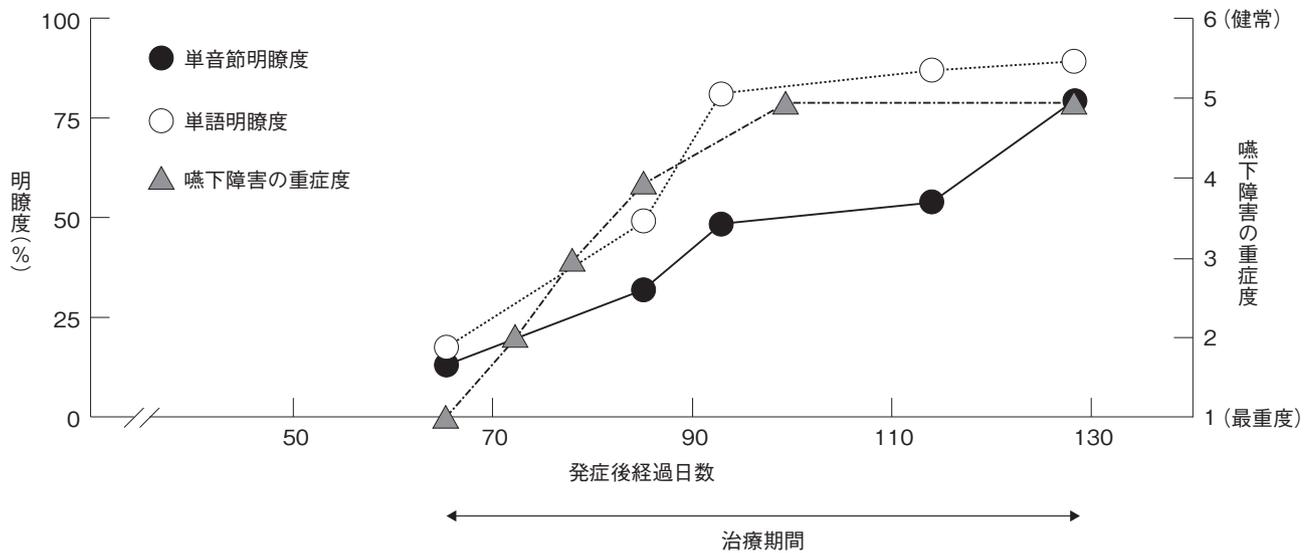


図3 ディサースリアと嚥下障害が同時並行的に改善することを示した西尾ら²¹⁾の臨床経過

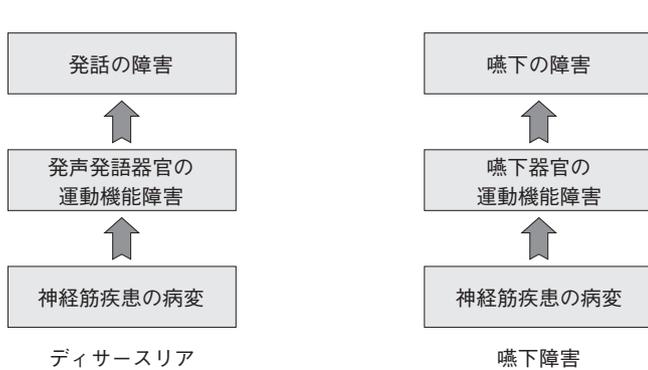


図4 ディサースリアと嚥下障害の障害構造を並列して示す。

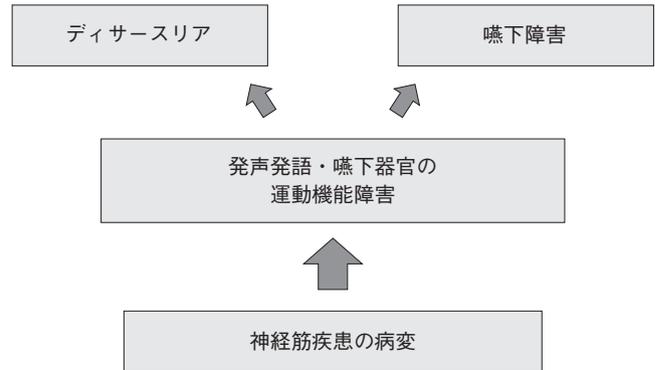
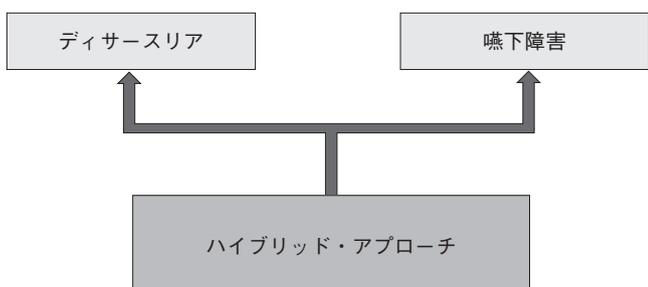


図5 ディサースリアと嚥下障害の障害構造を一括して示す。



高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム

(Movement Therapy Program for Speech & Swallowing in the Elderly : MTPSSE)

図6 発話と嚥下のハイブリッド・アプローチ

声道もまた、本来は発話とは関連がなかった。生命維持のための呼吸と食物の通路としての役割を担ってきた^{6, 27, 30, 36, 37)}。声道の主機能は、あくまでも呼吸運動機能と嚥下運動機能であった。

すなわち、発声発語器官の大部分は、生命維持のために不可欠な呼吸と嚥下の2つの機能を両立・共存させるため

に存在した。それを進化の過程で、ヒトは発声・構音として活用する発話機能をも獲得した(図7)。発話とは前述のとおり空気力学的現象であり、呼気流を動力源とした運動である。ヒトは、呼吸における呼気動作を活用し、呼気流から音声を作り出し、さらにこれに共鳴と呼気流の操作機能を加えて発話を作り出す通路としての機能を獲得したのである。

ヒト以外の哺乳類とヒトを比較して、進化に伴い声道が担う役割が機能的にどのように変化したかを、図8に示した。それでは、ヒトが発話機能を獲得するに至るまでの長い生物学史の背景に、声道にどのような変化が生じたのだろうか。以下では、その概要について解説する。

なお、ヒトと記載する場合、ヒト科の生物をすべて含む。したがって、ヒトには約700万年前以降のアルディピテクス・ラミダスなどの初期猿人、約400万年前以降のアウストラロピテクス・アファレンシスやアウストラロピテクス・アナメンシスなどの猿人、約240万年前以降のホモ・ハビリスやホモ・エレクトスなどの原人、約70万年前以

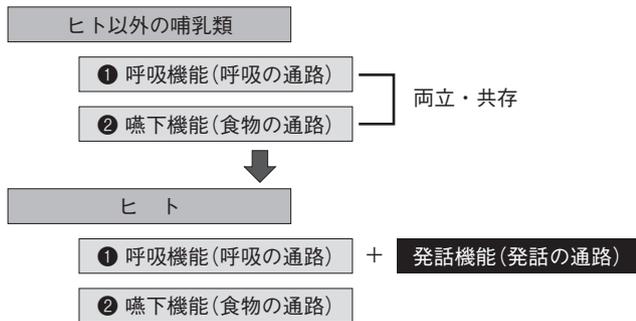


図7 声道の主機能の進化

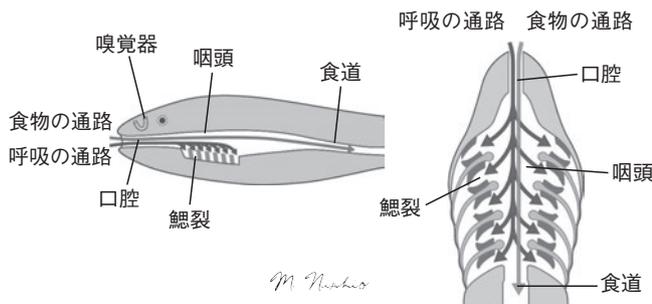


図9 鰓呼吸をする脊椎動物では気道と食物道とを共有している

降のホモ・ハイデルベルゲンシスやネアンデルターレンシスなどの旧人、約20万前以降のホモ・サピエンス（新人）が含まれる。ホモ・サピエンス（Homo sapiens）という学名は1758年にLinneが与えたものであり、サピエンスとは「賢い」という意味である。

これらのヒト科の中で現在生存しているのは私たちホモ・サピエンスの一種一属だけである。私たち現代人の正式学術名は、霊長目・真猿亜目・狭鼻下目・ヒト上科・ヒト科・ヒト属のホモ・サピエンスである³⁸⁾。本稿において以降で示すヒトとは、原則として、ホモ・サピエンスのことをさしている。

ホモ・サピエンスの起源について、かつてアフリカを出た原人や旧人が世界の各地に広がって独自に進化してホモ・サピエンスになったとする多地域進化説 multiregionalist model³⁹⁾と、アフリカの原人が進化して新人類となってから世界中に広がったとするアフリカ単一起源説（出アフリカ説）“Out of Africa” hypothesis⁴⁰⁾に分かれていた。しかし、最近になって飛躍的に進歩したDNA解析技術や化石の年代測定法により、ホモ・サピエンスの起源はアフリカのサハラ以南にあることがようやく明確になった。ホモ・サピエンスの起源は、分子生物学的分析結果^{41, 42)}と考古学的分析結果⁴³⁾とほぼ一致し、約20万年前のアフリカとされ、旧人（ホモ・ハイデルベルゲンシス）の中から誕

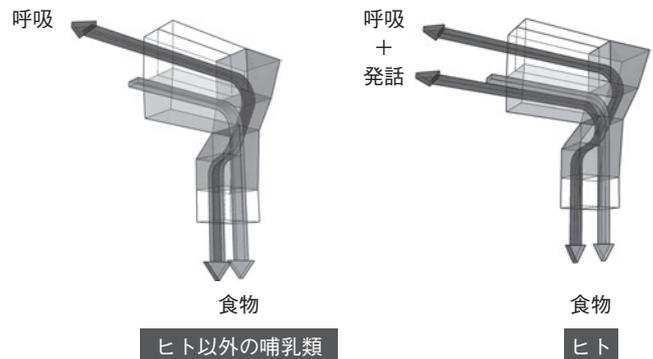


図8 進化に伴う声道の役割の変化として、ヒト以外の哺乳類(左)とヒト(右)を比較して示す。

生したとされる⁴⁴⁻⁴⁶⁾。これにより、多地域進化説は否定され、アフリカ単一起源説が確実視されるようになった^{45, 46)}。

2. 誤嚥の発現

系統発生学的歴史をたどると、鰓呼吸をする脊椎動物（円口類、魚類、両生類の幼生）では気道と食物道を共有している（図9）。食餌と呼吸のための水を口腔から取り入れている。水を媒体とする鰓呼吸において、口腔から水を取り込み、鰓裂から出す。水が鰓裂を通る間にガス交換を行う。ヒトは鼻腔から吸気を得る一方で口腔から飲食物を取り入れているが、そもそもは口腔が脊椎動物の出現とともに存在し、気道でもあった。上気道は、その後に進化とともに発達したものである⁴⁷⁾。

上気道の入り口である鼻腔は、当初はほかの気管と連絡をもたない独立した腔であり嗅覚受容器であった。しかしその後口腔と連結し、この連結部が後鼻孔と呼ばれるようになった（図10）。こうして両生類ではウシガエルのように外鼻孔から吸気を得るものもみられるようになったが、なおも口腔から呼吸のための空気を取り込むものが少なく⁴⁸⁾、気道と食物道はなおかなりの部分を共有している⁴⁹⁾。いずれにしろ、鰓呼吸をする動物では口腔、咽頭は気道であると同時に食物道であり、何ら問題なく両立させていた。

両生類では鼻甲介が発達して鼻腔が拡大した。口腔と鼻腔との間に形成された二次口蓋は、爬虫類になると後方に向かって長くなり、これに伴い後鼻孔の位置も後方に移動した。哺乳類では二次口蓋が咽頭に向かって長く伸びて、後端が軟口蓋となった^{47, 49)}。

このようにして上気道が口腔の背方に発達する一方で、下気道は消化管の腹方に発達した。その結果、気道と食物道とが咽頭で交差しなくてはならなくなった（図11）。この構造を、咽頭交差（pharyngeal chiasma）という^{47, 50-52)}。この咽頭交差が、誤嚥というリスクが発生する起源である。そこで、咽頭交差は魚類から進化して陸上生活を営む過程で生じた設計ミスとも指摘されている^{49, 53)}。

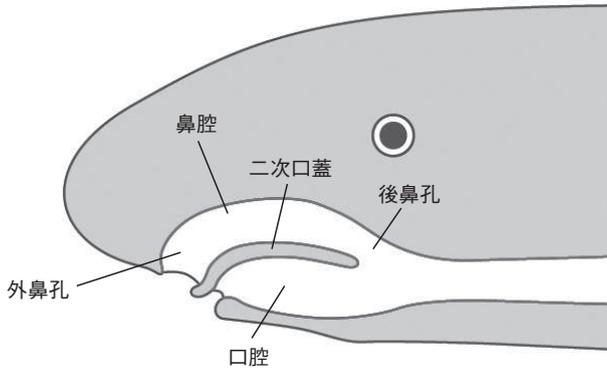


図 10 独立した腔であった鼻腔が口腔と連結

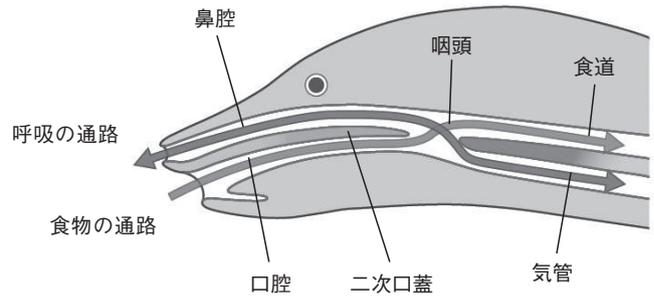


図 11 肺呼吸をする動物の咽頭交差 (pharyngeal chiasma)

M. Nishio

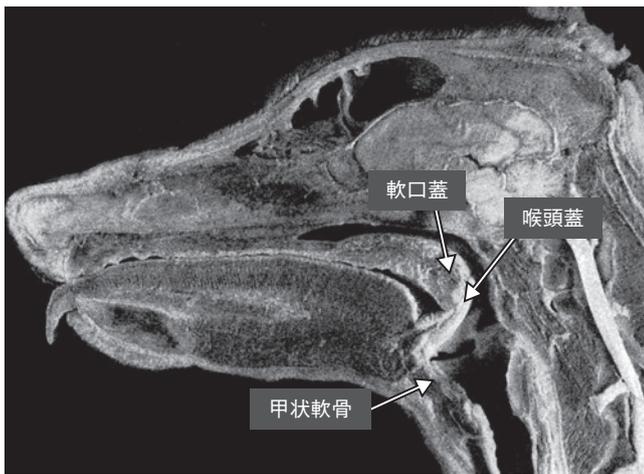


図 12 イヌの頭頸部⁵⁴⁾。イヌでは軟口蓋と喉頭蓋が近接している。

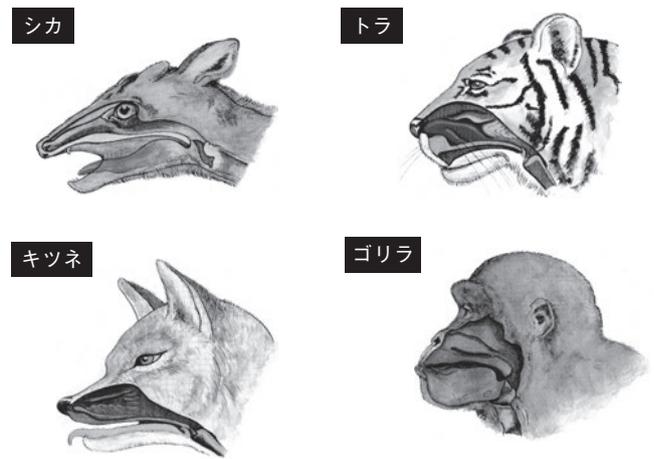


図 13 各種の動物における軟口蓋と喉頭蓋の位置関係 (文献 27) を一部改変)

哺乳類になると、咽頭交差は複雑になる。哺乳類では咽頭に喉頭蓋と軟口蓋がみられるようになり、気道と食物道の交差の様態に変化がみられる。図 12 に、イヌの頭頸部を示した。イヌでは喉頭の位置が高く、軟口蓋と喉頭蓋が近接している。ヒト以外のほとんどの哺乳類では、軟口蓋の背面もしくは下方に喉頭蓋が位置し、両者が近接している^{27, 49, 54-57)}。図 13 に示したように、シカ、トラのほかウマなどでは喉頭蓋は軟口蓋の背面に位置して両者は接する。他方で、キツネのほか、オオカミ、ブタなどでは喉頭蓋は軟口蓋の下方に位置して両者は接する^{27, 29)}。イヌは諸種の解剖図を比較すると、図 12 に示したように喉頭蓋が軟口蓋の背面に位置するもの⁵⁴⁾と軟口蓋の下方に位置するもの^{27, 58)}に分かれるが、この相違は品種によるものであろう。図 14 に軟口蓋の下方に喉頭蓋が位置するイヌの頭頸部を示したが、決して珍しいものではない。

いずれにしても、これらの動物では喉頭の位置が高く、軟口蓋と喉頭蓋が接している。これに対して、ゴリラでは喉頭の位置がやはり高いものの軟口蓋と喉頭蓋との間に少し

空隙が認められる (図 15)。

イヌの解剖図に戻ろう。図 16 に、イヌにおける気道と食物道を示した。イヌでは口腔と咽頭腔がほぼ水平に位置し、両者は軟口蓋と喉頭蓋によって隔てられ、二つの腔は不連続的空間として隔壁されている。他方で、鼻腔から咽頭、喉頭、気管へと連なる気道は 1 本のほぼ直線上の単管構造となって堅固に保護されている。この気道は食物の通路と咽頭で交差しているが、軟口蓋と喉頭蓋によって口腔と咽頭腔の二つの腔は不連続的空間として隔壁されているため、食塊が嚥下時において口腔から咽頭に達した時点ですでに喉頭の両脇に分岐した梨状陥凹 (梨状窩) を通って気管の後方にある食道に送り込まれる⁵⁹⁾。すなわち、イヌにおいて、気道と食物道は「立体交差」しており、そのために誤嚥のリスクは低いことがわかる。気道と食物道が分離された構造に近い。

こうした構造により、イヌなどのヒト以外の多くの哺乳類は喉頭蓋が口腔と咽頭とを遮断しているために口呼吸を不可能にしていることに加えて、鼻腔から呼吸をしながら、



図 14 軟口蓋の下方に喉頭蓋が位置するイヌの例²⁷⁾

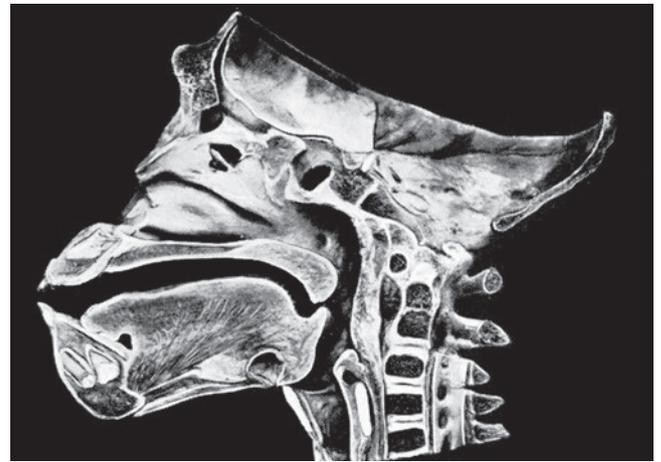


図 15 ゴリラの頭頸部²⁷⁾. 軟口蓋と喉頭蓋の間に空隙がみられる.

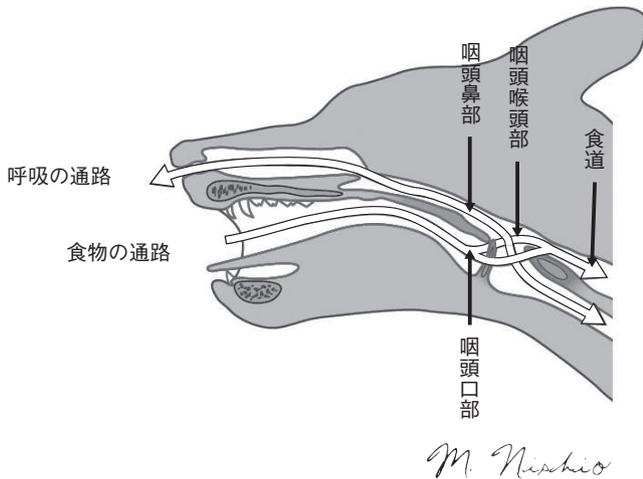


図 16 イヌにおける気道と食物道：立体交差

同時に嚥下を行うことができる^{27, 30, 37, 31, 47, 48, 56, 59)}. イヌなどでは、これは嚥下しながら吸気を得ることで嗅覚機能を働かせて危険を察知することができることを意味する^{27, 30, 59)}. 図 17-a, b にウシの頭頸部矢状断面ならびに気道と食物道を示した⁶⁰⁾. イヌと同様に軟口蓋と喉頭蓋によって口腔と咽頭腔の二つの腔は不連続的空間として隔壁されており、気道と食物道が立体交差している構造が明らかである. 図 18 にウマ咽頭を拡大したが、やはり気道と食物道が立体交差している構造が明らかである.

こうした咽頭交差について学ぶ際に、イルカの気道と食物道の交わり方は興味深い. イルカは口腔 (図 19) から食餌を摂取し、噴気孔 (図 20-a, b), 鼻腔を介して呼吸を行う. 図 21-a にイルカの気道と食物道が立体交差している構造を示し^{61, 62)}, 図 21-b にその咽頭腔を拡大して示した⁶¹⁾. イルカでは喉頭が鼻咽腔に存在し⁶³⁾, 喉頭口が軟口蓋鼻腔側に位置しているため、吸気も呼気も鼻腔を介してのみ行われる. 咽頭での立体交差の様相が顕著であり、特に鼻腔

から気管へと至る気道が際立って堅固に保護されている構造が認められる⁴⁹⁾.

咽頭交差という進化の過程で生じた設計ミスは、この段階ではこのような咽喉頭の構造により補完されている^{27, 37, 47, 51, 56)}. ヒトでは、乳児において類似した補完システムが機能しており、やはり誤嚥のリスクが低い. たとえば、成人では仰臥位の姿勢で勢いよく飲水すると、たちまち誤嚥してしまう. しかし、新生児では仰臥位の状態で真上から哺乳瓶を口腔にくわえさせても、通常は問題なくミルクを勢いよく嚥下し続ける. なぜであろうか.

図 22 に、成人と新生児の頭頸部を比較して示した. 新生児では、喉頭の位置が高く、喉頭蓋が軟口蓋の背側に位置する. ヒトの新生児の声道は、サル類の大人のそれと類似した構造的特徴を有する. 図 23 に、乳児における呼吸の通路とミルクの嚥下時の通路を示したが、こうした咽頭の構造的な特性から、両者が立体交差している. そのため、ミルクを嚥下しながら、同時に呼吸することができる^{47, 48, 59, 64, 65)}. ミルクなどの液体は喉頭の両脇を通って後方に移動するので、誤嚥のリスクは低い⁶⁵⁾.

これに対して、図 24 から明らかなように、成人では喉頭の位置が低くなるとともに中咽頭腔が広くなり、軟口蓋と喉頭蓋は離れた. これにより気道と食物の通路が中咽頭腔で共通路となって平面交差する構造となった (図 25). もはや呼吸と嚥下を同時に行うことはできなくなった. 嚥下時には、必ず気道を閉鎖し呼吸を一旦停止しなくてはならない. 喉頭蓋の反転、声帯の内転、仮声帯の内転という 3 層防御機構により気道は防御されるようになった. よって、ヒトの咽頭は信号機付交差点ともいわれる⁵⁶⁾. ヒトで誤嚥のリスクが高くなったのは、この拡大した咽頭腔での平面交差のためである^{51, 66-68)}.

この喉頭蓋は両性類、爬虫類、鳥類には存在せず、哺乳類になって発達したものであるが、その主機能は嗅覚機能

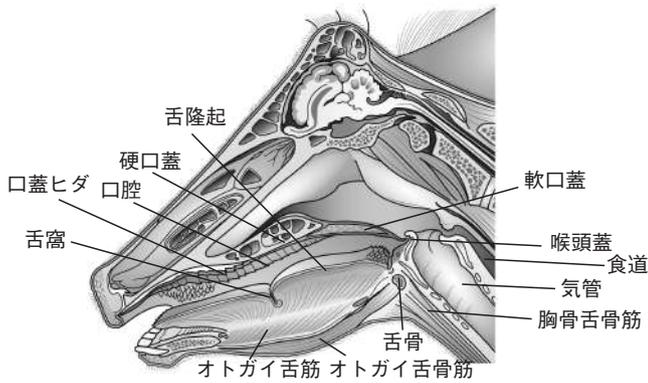


図 17-a ウシの頭頸部矢状断面 (文献 60) を一部改変)

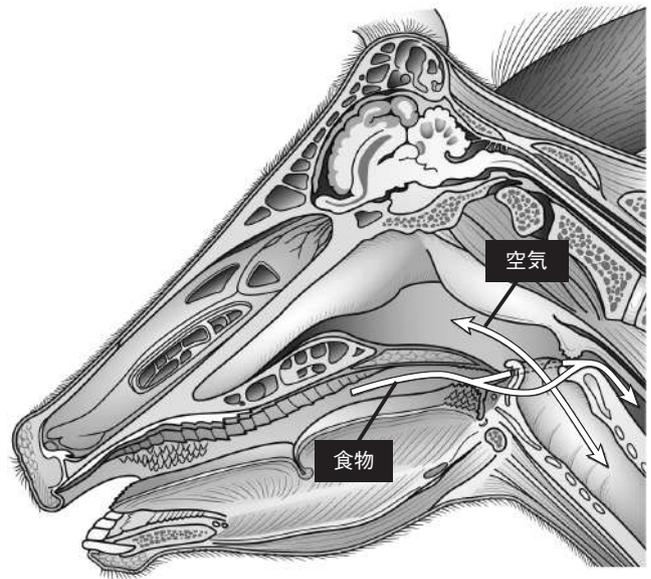


図 17-b ウシの気道と食物道が立体交差している構造 (文献 60) を一部改変)

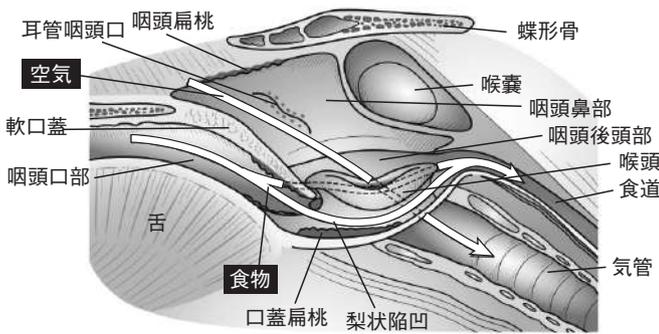


図 18 ウマの咽頭。気道と食物道が立体交差している構造 (文献 33) を一部改変)



図 19 イルカの口腔・咽頭(写真提供：マリンピア日本海)

である^{27,69)}。喉頭蓋が軟口蓋と接して上気道を単管構造として保護することで、捕捉^{注2)}時に開口した状態でも鼻腔からのみ空気が流入するため嗅覚機能を働かせることができる²⁷⁾。嚥下時に吸気を同時に得ることは、外敵や有害な飲食物などを感知して護身するために必要なことである。しかし、ヒトに至って軟口蓋と喉頭蓋が離れたことで、鼻腔から喉頭、気管に至る単管構造は破綻し、嗅覚機能は退化した^{31,71)}。またヒトにおいて、もはや喉頭蓋は軟口蓋と接続することで嚥下時に気道を防御するのではなく、反転して喉頭口を閉鎖することで気道を防御するメカニズムが備わった^{27,37,64)}。そのために、軟口蓋と喉頭蓋はいずれも長くなった²⁷⁾。こうした構造的、機能的变化は、生命維持のための適応的進化の一つとも推察される³⁷⁾。

喉頭蓋の反転が舌骨の上前方への挙上運動と密接に関与



図 20-a イルカの噴気孔(写真提供：マリンピア日本海)

注2)：食物をつかまえ、口に運ぶことを捕捉という⁷⁰⁾。

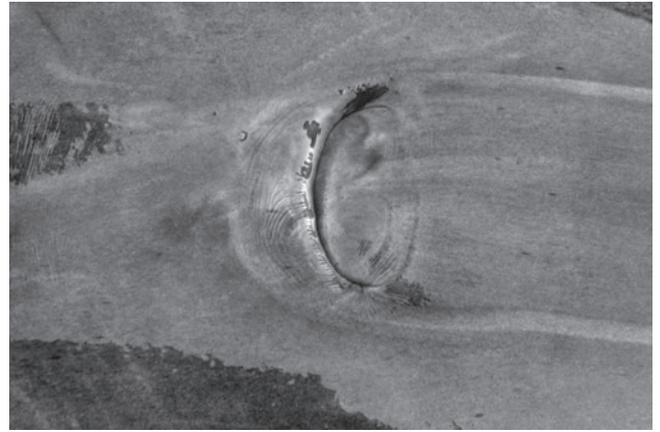
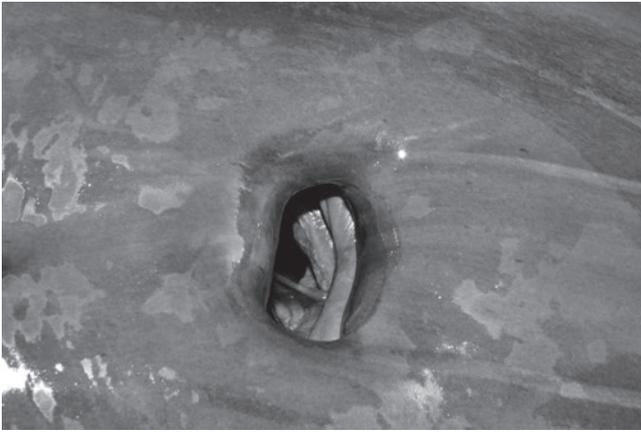


図 20-b イルカの噴気孔の開閉 (写真提供：マリンピア日本海)

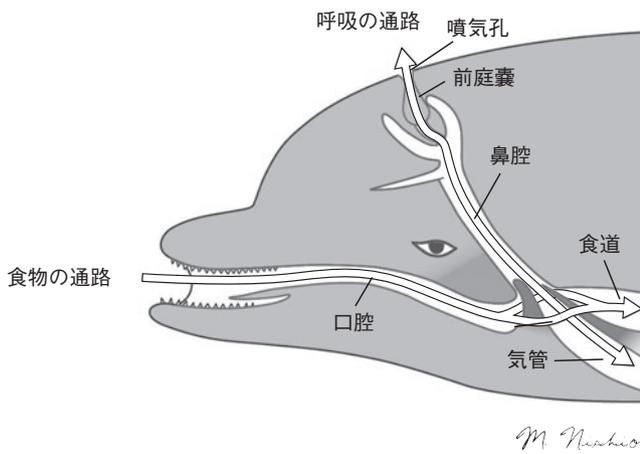


図 21-a イルカの気道と食物道が立体交差している構造 (文献 61, 62)を参照して作成)

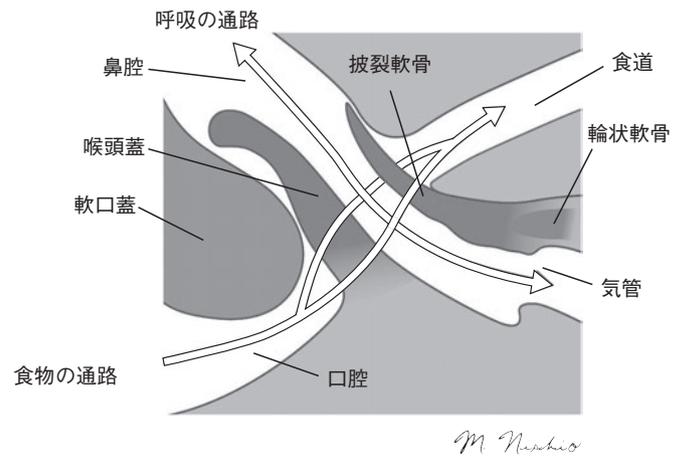


図 21-b イルカの咽頭腔を拡大して気道と食物道の立体交差を示す。(文献 61)を参照して作成)

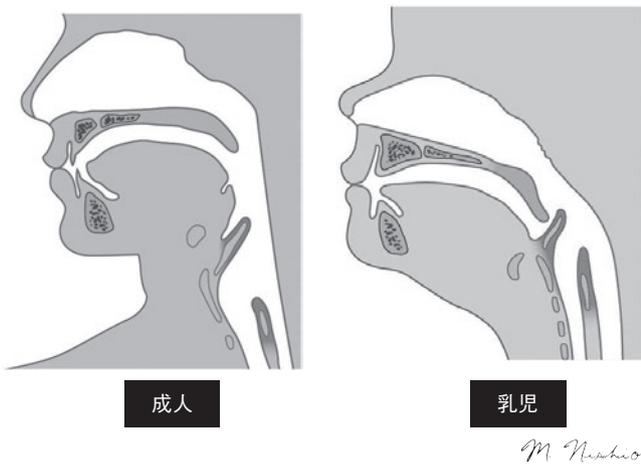


図 22 成人と乳児の頭頸部を比較して示す。

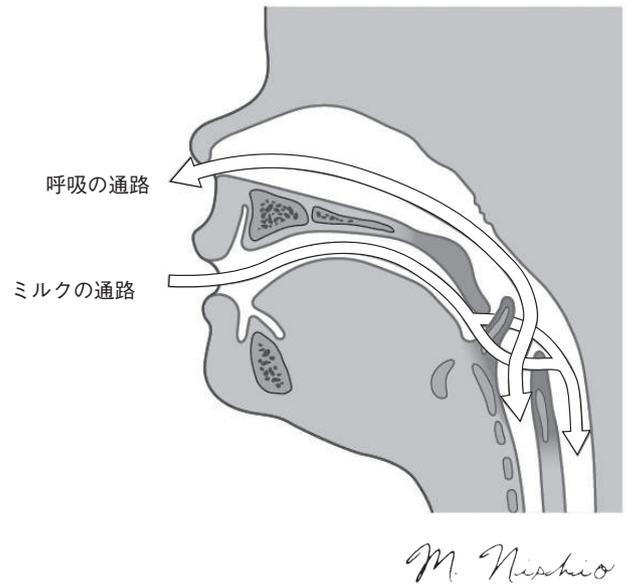
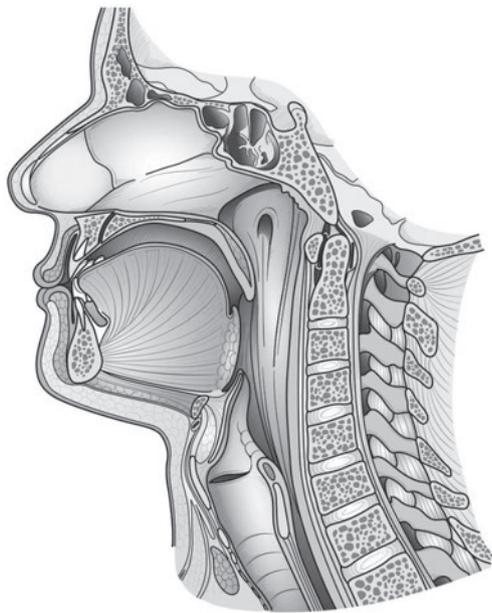


図 23 乳児における呼吸の通路とミルクの嚥下時の通路の立体交差



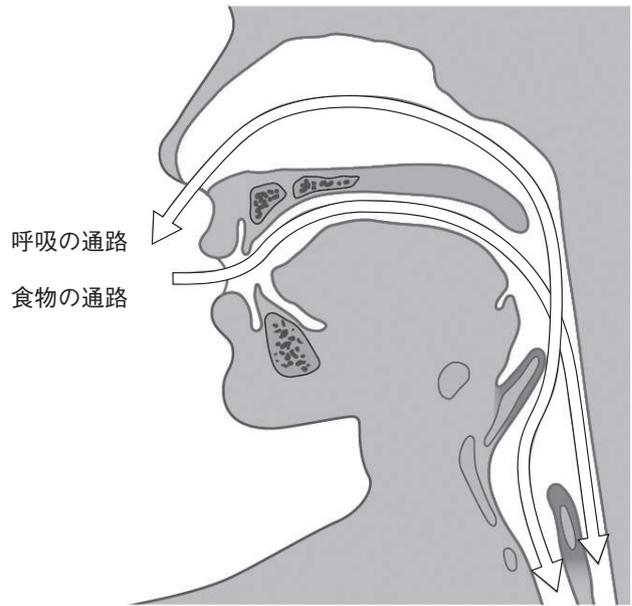
M. Nishio

図 24 成人のヒトの頭頸部の断面図

していることを鑑みると、ヒトにおいて生命を維持する上で舌骨および舌骨上筋群の運動性が担っている重要性が浮き彫りになる。ヒトの舌骨は他の骨との骨性連結を失った^{72,73}。舌骨と喉頭との骨性連結を失い物理的制約が少なくなり可動性が大きくなったことで、喉頭蓋が反転して誤嚥・窒息を防ぐことが可能となった。

ここで喉頭蓋が気道を閉鎖する動きを簡潔に要約すると、まず、舌骨上筋群の収縮により舌骨が上前方に移動して舌骨喉頭蓋靭帯を牽引し喉頭蓋基部が前方に引き出され、喉頭蓋が水平にまで反転する。そして、喉頭蓋茎において甲状喉頭蓋靭帯により甲状軟骨の後面に結合する喉頭蓋は、甲状舌骨筋の収縮による甲状軟骨の挙上によって舌根の後方突出とともに後方へと反転し、喉頭に異物が侵入しないように喉頭口を閉鎖して気道を防御する⁷⁴⁻⁷⁶ (図 26)。また、喉頭は舌骨と骨性の連結を失ったことで舌骨とは独立的に運動できるようになり、喉頭蓋はその可撓性を活用して一種の屈曲運動を獲得し^{75,77,78}、気道を防御して誤嚥・窒息を防ぐことが可能となったともいえる。図 27 にイヌの舌骨を示した。舌骨に不對の低舌骨が横方向に位置し、その両側に対をなす角舌骨がある。低舌骨から一對の甲状舌骨が伸びており、喉頭の甲状軟骨と関節している。甲状舌骨はヒトの舌骨の大角にあたる⁵⁸。

こうした咽喉頭の構造的変化は、四足歩行から直立二足歩行へと移行するに伴って生じたという解釈^{54,68,79,80}が有力であるほか、顎骨の退縮に伴い舌が咽頭腔を占めて喉頭が下降したという解釈^{46,51,63}がある。



M. Nishio

図 25 成人における呼吸の通路と嚥下時の食物の通路の平面交差

加えて、口腔から食道もしくは喉頭へと連なる咽頭腔は、ヒト以外の哺乳類では体幹と並行して水平に近い角度であるか、もしくは鈍角である。これに対して直立的なヒトの咽頭腔は鋭角（逆L字型）に変化した（図 28）。ヒトでは食物が通過する咽頭腔は垂直に位置するようになったため、咽頭に達した際に食塊は重力によりその直下にある喉頭に侵入するリスクがさらに高まった。

こうした誤嚥が生じやすいヒトの咽喉頭の構造は、後述するように高齢期になると誤嚥という深刻な事態を招きやすくなる。国内では 2011 年以来死因の第 3 位が肺炎であり、その大多数は誤嚥性肺炎と報告されている^{81)注 3)}。米国では、誤嚥による窒息死は事故死因の第 4 位である⁸²⁾。ヒトに潜在する構造上の設計ミスは高齢期になって顕在化し、生命を脅かす極めて深刻な問題となる。前述のように、ヒトの舌骨は他の骨と直接連結していないために頸部にぶら下がっており、喉頭は舌骨と筋および靭帯による連結によ

注 3)：厚生労働省の人口動態統計では、2011 年度から肺炎が死因の第 3 位となり、2016 年度までその順位は変わらなかった。しかし、最近発表された 2017 年度の統計では、第 3 位は脳血管疾患、第 4 位は老衰となり、肺炎は第 5 位と低下した。平成 29 年の死因順位は「ICD-10 (2013 年版)」が適用され、厚生労働省では、「平成 29 年の『肺炎』の低下の主要因は、ICD-10 (2013 年版) による原死因選択ルールの明確化によるものと考えられる。」としている (<http://www.pinkribbonfestival.jp/about/pdf/h29.pdf>)。

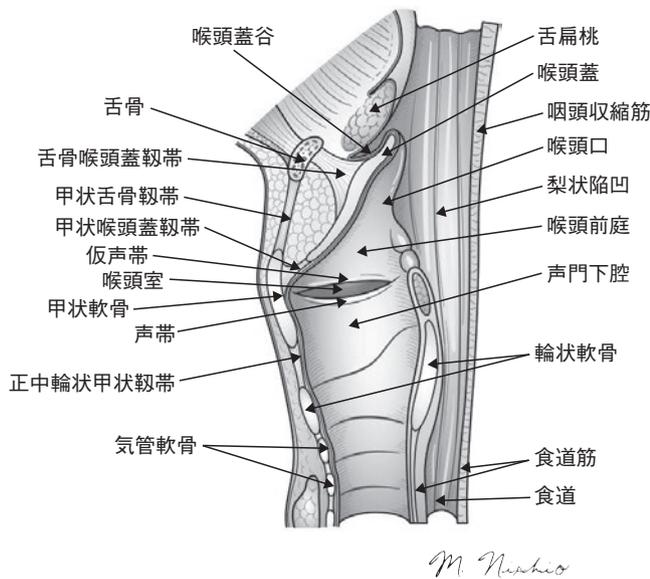


図 26 喉頭蓋と周辺組織

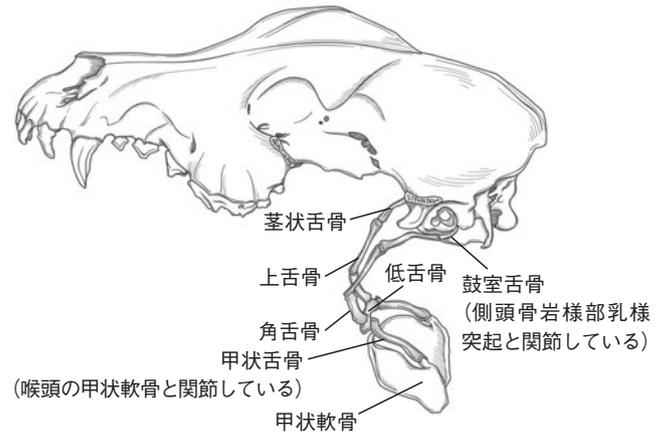
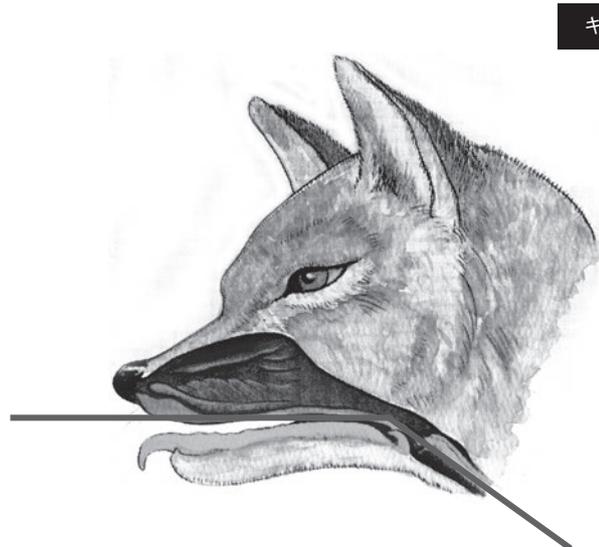


図 27 イヌの舌骨(文献 60)を参照して作成



(文献 27)を一部改変

図 28 口腔から食道もしくは喉頭へと連なる咽頭腔の角度の変化



(文献 54)

って頸部に吊られているため、加齢にともない舌骨と喉頭はともに下垂する⁸³⁾。喉頭の下垂が顕著となると嚥下時に喉頭挙上運動が追従できなくなり、その結果として気道の閉鎖不全や誤嚥のリスクが高まる⁸⁴⁾。ヒト以外の真猿類では、こうした喉頭下垂は明らかには認められない⁷⁸⁾。

なお、一部の書籍で記載されているように、ヒト以外の哺乳類で気道と食物の通路が全く別々に区分されているというのは、誤解もしくは誇張的表現である。ヒト以外の哺乳類でも誤嚥することがある。ペットのイヌやネコが誤嚥性肺炎の診断を受けた、という例は特段珍しいものではない。ヒトの誤嚥との相違は、ヒト以外の哺乳類の場合は嘔吐物の誤嚥が多いことと、誤嚥の頻度が少なく、ヒトのよ

うに誤嚥が死因の上位にランクされることはないということである。ヒト以外の哺乳類では、腫瘍、心臓病、腎臓病などが死因の上位を占める。

ただし、ヒト以外の哺乳類の場合でも誤嚥が死因となることがないわけではない。最近では、2015年に札幌市円山動物園のマサイキリンの「ナナコ」の死因について、北海道大学獣医学部(比較病理学教室)の病理検査結果により胃内容物が肺の気管支にまで及んでいることが確認され、「胃内容物を誤嚥したことによる窒息死」と発表され、一般でも話題となった⁸⁵⁾。

3. 構音の獲得

このように喉頭の位置が低くなることにより生じた中咽



(画像提供：新潟医療福祉大学 奈良貴史教授)

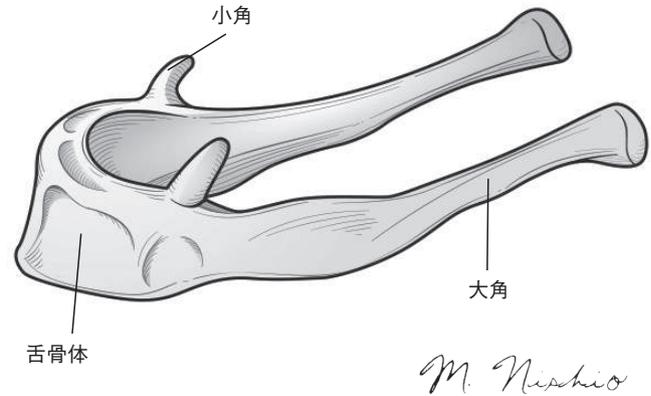


図 29 ネアンデルタール人の舌骨(左)と現生のヒトの舌骨

頭腔の拡大は、発話機能においては、舌が構音する空間が広がることにつながり、結果として多様な音種を作り出すことができるようになったと推察されている^{55, 86)}。すなわち、喉頭の位置が低くなることにより生じた中咽頭腔の拡大は誤嚥のリスクが高まるのとトレードオフで構音機能の獲得につながった^{51, 59, 66, 82, 86)}。

ヒト以外の哺乳類では、喉頭の位置が高く咽頭腔が狭いために舌が運動して共鳴特性を作り出すだけの空間がなかったと推察されている⁸⁷⁻⁸⁹⁾。Lieberman ら⁹⁰⁻⁹²⁾はラ・シャペローサン (La Chapelle aux Saint) のネアンデルタール人頭骨の復元標本をもとに、その頭蓋骨底、下顎骨、頸椎の構造的特性に着目して声道の鋳型を作製し、その断面積を推定してコンピューター・シミュレーションで計算処理して音声言語の再現を試みたところ、音声は鼻音化し、ア、イ、ウのような分節的母音の生成は困難であり曖昧母音に近いものだけが生成可能であり、かつ発話速度は遅い、と結論づけた。その要因として、喉頭の位置が高く咽頭腔が狭いことなどを指摘した。このサピエンス (新人) 起源説は、後に Laitman ら^{93, 94)}により支持された。他方で、Lieberman らが用いたラ・シャペローサンの復元模型の不正確を指摘する見解、声道の復元手法や喉頭の位置推定方法に対する客観性に疑問を呈する見解などが続出し⁹⁵⁻¹⁰⁰⁾、新人起源説は批判にさらされることにもなった。

この論議を勢いづかせたのは、1983年にイスラエルのカルメル山にある Kebara 洞窟遺跡で最大 17 個体の部分骨格が発見されたことであった。その中に、「モシェ」のニックネームで愛称され、KMH2 (ケバラ 2 号) と名付けられた約 6 万年前のネアンデルタール人 (推定年齢 25~35 歳、身長 170cm の成人男性) の化石に、舌骨が伴っていた (図 29)。舌骨は小さい骨であるため残存しにくく、ネアンデルタール人の舌骨としては最初の発見例であったことから着目された。この舌骨が現生のヒトのものと同様、サイズがほとんど同等であることから、ネアンデルタール人も

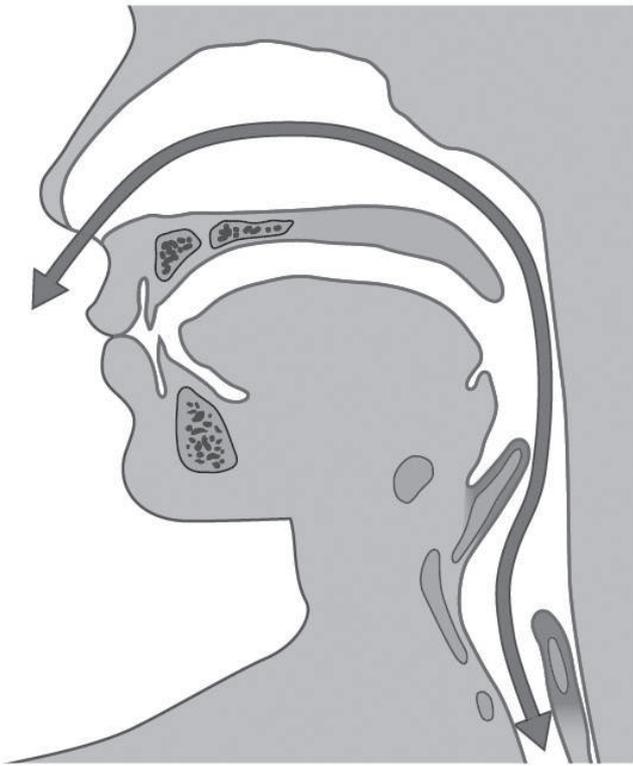
また喉頭の位置が低く構音機能を有していたのではないかという推測を Arensburg ら^{101, 102)}は提出した。また、スペインで発見されたハイデルベルゲンシス人の舌骨 2 例も現生のヒトのものと構造的に同等であったことから構音機能を獲得していたと推察された¹⁰³⁾。この Martinez¹⁰³⁾の研究報告により、ヒトの舌骨の形態は中期更新世 (約 53 万年前) には完成していたことがわかった。

ゴリラやチンパンジー、オラウータンなど類人猿の舌骨では、舌骨体が特徴的に発達して大きく杯状をなし喉頭嚢を受ける形となっている¹⁰⁴⁻¹⁰⁶⁾。これと比較すると、確かにネアンデルタール人の舌骨は現生のヒトのものと構造的にかなり類似している。Arensburg ら^{101, 102)}の見解に対して、類似した舌骨ならブタにもみられるといった類の一連の反論が即座に続出したが、実際にはブタの舌骨の構造はヒトの舌骨とは異なり、この見解は発声発語器官の解剖学的理解に乏しい拙論にすぎない。

くり返すが、ヒトの舌骨は他の骨と直接連結せず、舌骨上筋群によって上前方を下顎骨、後上方を頭蓋底 (側頭骨) に連結され、頸部にぶら下がっている。つまり、舌骨に付着する筋と靭帯によってその位置を保つのだが、こうした筋や靭帯は残らず出土することはない。したがって、舌骨の形態がいかに現生のヒトに類似していても、それだけで喉頭の位置を特定する解剖学的論拠とはなりえない^{106, 107)}。

ネアンデルタール人の構音機能に関する論議は、今日でも見解の一致をみるに至っていない。不明とする研究者が多く^{106, 108, 109)}、定説が定まるには確証を必要とする。

ところで、Kriings ら¹¹⁰⁾はネアンデルタール人のミトコンドリア DNA 一部配列の解読結果を 1997 年に初めて発表し、ネアンデルタール人として最初に記載されたドイツ出土男性人骨の配列は約千人の現生人のものと比べてかけ離れたものであったと発表した。しかし、その後 DNA 解析技術の進展により、大幅な修正が加えられた。Pääbo らの研究チーム¹¹¹⁾、Prüfer ら¹¹²⁾などの画期的な研究成果に



M. Nishio

図 30 ヒトの安静時呼吸

より、現生の非アフリカ系ヒトの中にネアンデルタール人由来の DNA が存在することが明らかにされ、最新のデータでは 1.5~2.1% 存在するとされている⁴⁵⁾。DNA 配列の 50% 以上がネアンデルタール人由来であったとする際立った特徴を示す場所も複数確認された¹¹³⁾。すなわち、ネアンデルタール人がホモ・サピエンスと交雑するほど近い存在であること自体が、彼らが音声言語を用いてコミュニケーションをして社会生活を過ごしていたことを推測させる。考古学的にも、今日ではアフリカに残ったハイデルベルゲンシスから進化したホモ・サピエンスと、約 50 万年前にアフリカを出てユーラシアへ拡散したホモ・ハイデルベルゲンシスの一部が進化したネアンデルタール人がイスラエルのかなり近い位置^{注4)}で同じ時期に共存していたことが確認されている⁴⁶⁾。加えて、ネアンデルタール人の平均脳容量 (1,500mL) はホモ・サピエンスの平均脳容量 (1,450mL) をやや上回っており⁴⁶⁾、ホモ・サピエンスの Broca 野に相当する構造があったことも明らかにされている⁸⁶⁾。そもそも、くり返しになるが、ネアンデルタール人はホモ・サピエンスとともにハイデルベルゲンシスを共通の祖先とする近い関係にある⁴⁴⁻⁴⁶⁾ことも、この議論を検

注4)：ネアンデルタール人の骨はアムッド洞窟で、ホモ・サピエンスはマノット洞窟でそれぞれ発見された。

討する際に考慮してよいであろう。

さて、咽喉頭の構造に視点を戻そう。ヒトの乳児では喉頭の位置が高く咽頭腔が狭いのは先に解説したとおりであるが、このため乳児では分節的な構音活動ができない⁸⁷⁾。しかし乳児期を過ぎると喉頭の位置が次第に下降し、4、5~9歳にまでに成人とほぼ同じ位置に定着する^{30, 114-118)}。喉頭の下降は咽頭腔が上下に拡大することを意味し、舌が構音して声道で共鳴する腔が広がることで多様で複雑な音種を生成することが可能となる。これが、構音機能の完成に関与する。

喉頭の位置が低くなったことは、また、呼気を口腔に導くことを容易にした^{27, 48, 55, 119, 120)}。これは口腔内において舌によって呼気流を操作して子音を生成することが可能となったことにつながる。ヒトの安静時呼吸において呼気流が鼻腔から流出されるのは、他の哺乳類と同様であるが (図 30)、多くの動物では呼気が喉頭から鼻腔へと直接流出されてしまう点で異なる。とりわけ、図 13、図 17、図 18 に示したように、シカ、トラ、ウシ、ウマなどでは、喉頭蓋は軟口蓋の背面に位置して両者が接しているため、安静時には吸気も呼気も鼻腔を介して行われる^{27, 29)}。口腔から吸気を得ることもできないし、呼気を流出させることもできない。これに対して、オオカミ、キツネ、ブタなどでは、喉頭蓋は軟口蓋の下方に位置して両者は接しているため、吸気は鼻腔から得て嗅覚機能を働かせる一方で、喉頭蓋を下降させて呼気を口腔から流出することができる²⁷⁾。図 31 に今一度喉頭蓋が軟口蓋の背面に密着し、喉頭蓋が口腔を介して呼吸することを阻害している咽頭の典型的な構造の例として、アイベックス (Capra ibex)^{注5)}の頭頸部の断面図を示す。

これに対して、前述のようにヒトでは喉頭の位置が下降することで軟口蓋と喉頭蓋との間に拡大した中咽頭腔が存在するため、極めて容易に呼気を口腔へと流出させることができるようになった。非通鼻音生成時には、鼻咽腔を閉鎖して中咽頭腔から口腔のみに呼気を流出することも容易にできるようになった (図 32)。こうして呼気を中咽頭腔から口腔に導くことで喉頭原音に多様な共鳴特性を与えるとともに呼気流をより複雑精緻に操作する能力を身につけた。すなわち、構音の獲得に大きく寄与したと推察される⁴⁹⁾。

こうした構音の獲得は、単に喉頭と咽頭の構造的変化によって生じたわけではない。口腔と舌の形態的ならびに機能的変化が大きく関与する。そして、こうした形態的变化は頭蓋の構造的変化と密接に関連する。図 12、図 28 にそれぞれ示したイヌとヒト (成人) の頭頸部の比較から、ヒトで顔面頭蓋が退縮したことは明らかである。比較解剖学

注5)：ヤギ属に属する哺乳類の一種。主にアルプス山脈に生息する。



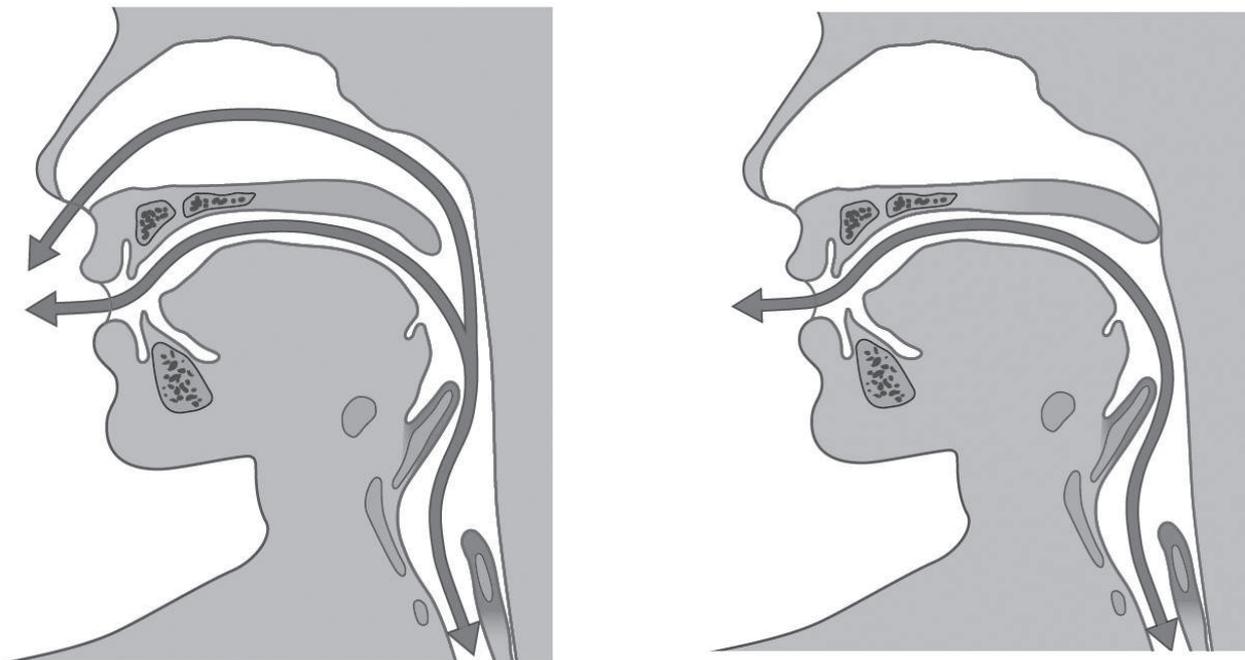
図31 喉頭蓋が気道を保護する一方で、口腔を介して呼吸することを阻害する咽頭構造の例として、アイベックスを示す²⁷⁾。

的には、下等動物ほど顔面頭蓋が大きく、高等動物ほど脳頭蓋が発達して大きい¹²¹⁾。ヒトでは脳頭蓋が膨大し脳の容積が霊長類で最も大きくなった¹²²⁾。

顔面頭蓋の退縮と脳頭蓋の膨大がヒトの特徴であることは、広く認められている^{66, 80, 122-124)}。両者の位置的關係について進化生物学的に要約すると、進化に伴い、下等動物ほど顔面頭蓋と脳頭蓋は並列的に配置されており、顔面頭蓋

は脳頭蓋の前面に位置している。これに対して、高等動物ほど顔面頭蓋が退縮しながら脳頭蓋の下方に引き込まれるように移動している^{82, 125, 126)} (図33)。同様のことは、類人猿から猿人、原人を経て新人に至る過程においてもいえ¹²³⁾、脳頭蓋は著しく膨大するのに対して顔面頭蓋は著しく退縮して顔が扁平になり、結果として口腔の前後径が短縮した(図34, 35)。脳自体は化石として残らないが、近年ではコンピュータ断層撮影法(Computed Tomography: CT)を用いて脳頭蓋骨の内腔の容量から脳容量を高い精度で推定可能となった^{127, 128)}。約420~100万年前に出現した最初の人類である猿人の脳容量は現生のゴリラやチンパンジーとほぼ同じ約400~500mLで、頭蓋骨の形態も脳頭蓋と比較して顔面頭蓋がめだって大きく、大きな顎骨をもっていた。ところが、約180万年前に現れたホモ・エレクトスになると、脳容量は約800~1,100mLと飛躍的に大きくなる一方で、顔面頭蓋が著しく退縮した。さらに、約20万年前に出現した新人では、脳容量は約1,450mLとなり現代人とはほぼ同じ形態の頭蓋となり、脳における大脳新皮質の占める領域が相対的に拡大した¹²⁹⁾。この約420万年の間に急激に生じた人類の頭蓋の形態的变化は著しい^{86, 126, 127)}。

このように顎骨が退縮した理由として従来論議されてきた諸説について説得力を持つ点をまとめると、1) 四足歩行から直立二足歩行へと移行したこと、2) 上肢を自由に使用できるようになり、捕捉する際に直接顎を使う必要が



M. Nishio

図32 喉頭が下降し軟口蓋と喉頭蓋が離れて中咽頭腔が拡大したことで呼吸を容易に口腔から流出可能となった(左)。非通鼻音の生成時には口腔のみに呼吸を流出する(右)。

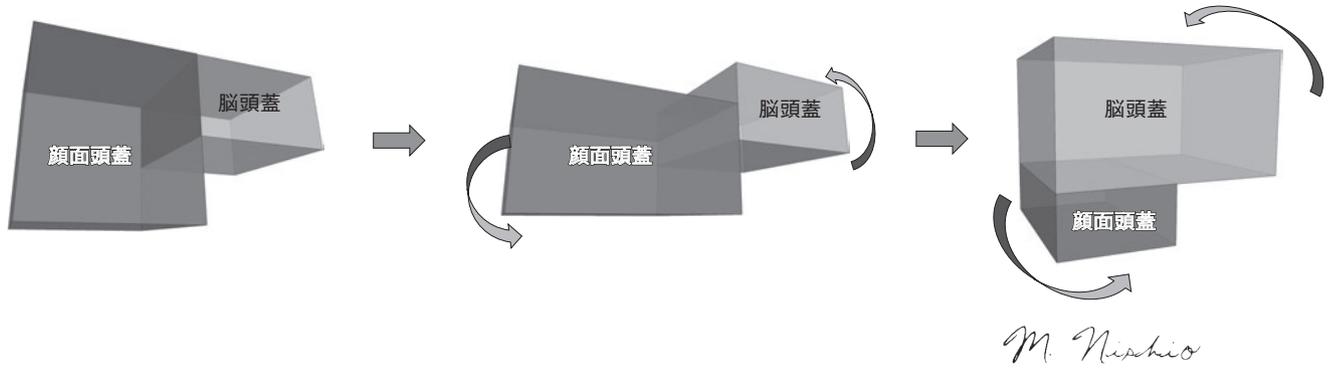


図 33 系統発生に伴う顔面頭蓋と脳頭蓋の位置的関係の変化

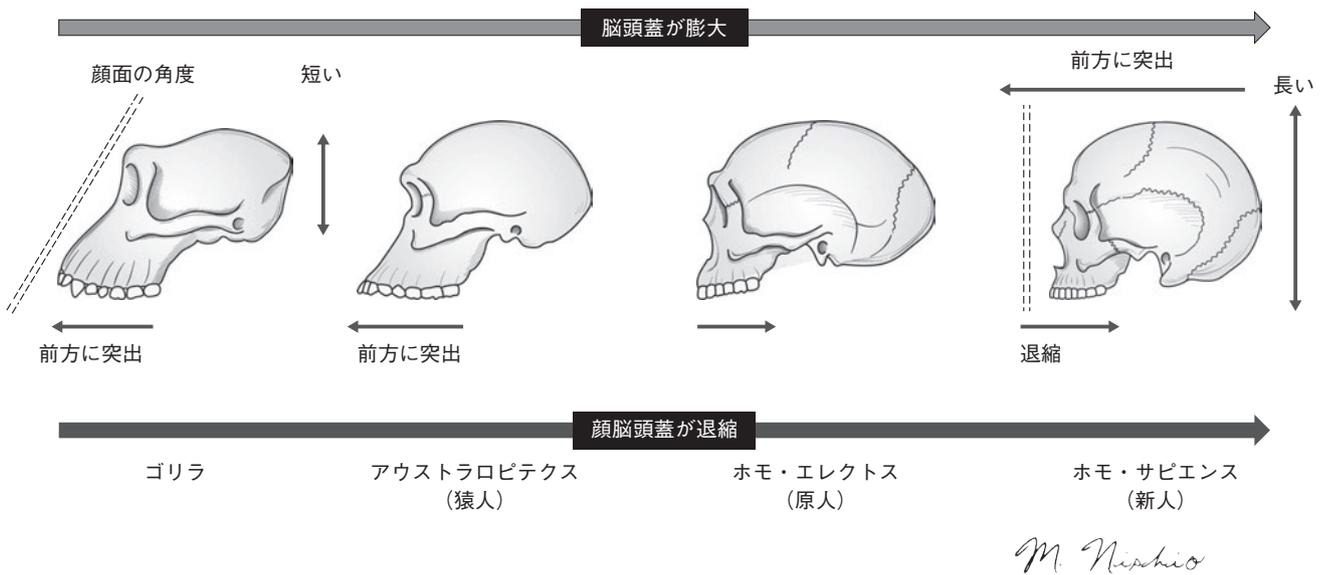


図 34 進化に伴う類人猿, 人類の頭蓋の形態的变化

なくなったこと, 3) 生存のために捕捉の手段として不可欠であった鋭敏な嗅覚機能の必要性が低下したこと, 4) 生存のために顎や口腔を護身・戦いの武器とする必要性が少なくなったこと, 5) 上肢を用いて火と石器などを使って調理し消化しやすい状態にしてから食物を摂取するようになったことが指摘される^{46, 54, 55, 79, 82, 123, 125, 126, 130, 131}。

こうした顔面頭蓋の退縮は, 捕捉・咀嚼機能の退化を示す¹²⁶。他方で構音の点からは, 顔面頭蓋の退縮は顎骨の著しい前後径の短縮に伴う口腔前後径の短縮を招き, その機能獲得に関与した。ヒト以外の哺乳類と比較して, 成人の顎骨の前後径は目立って短い。進化の過程で哺乳類になって初めて咀嚼が行われるようになり, 切歯や犬歯と臼歯が分化した。これに伴い草食動物では切歯と大きな臼歯の間に歯隙と呼ばれる隙間が発達し, とりわけ顎の前後径が長い⁴⁷⁾ (図 36)。これと比較して, ヒトの顎骨の前後径は著しく短いばかりでなく, 歯数と大きさ, 咀嚼力も著しく減少

した^{82, 123, 125, 126, 132}。

また, ヒトの顎骨の退縮に伴い, 口腔の前後径も明らかに短くなった。そして, 類人猿, 猿人, 原人, 新人に至る人類の過程においても, 際立った顔面頭蓋の退縮に伴い口腔前後径が短縮した。このように口腔の構造が変容したことによって, 短くなった下顎骨が小刻みに素早く開閉できるようになり, 口腔容積の前後径が短縮したことによって, 舌が気流操作するのに必要な運動範囲が小さくなった。総じて, 顔面頭蓋の退縮は, 発話時に舌体と下顎が運動的に敏捷に運動できる機能の獲得に大きく寄与したといえるであろう^{82, 122}。

そして, このように顔面頭蓋が退縮して口腔の前後径が短縮するのに伴い, ヒトの舌体の前後径も大きく変化した。イヌ (図 12) やネコなどを例にとればわかりやすいと思われるが, ヒト以外の哺乳類の舌は概して相対的に長い。長い舌は口腔外に突出させる機能が高く¹³³⁾, 食物を捕らえて

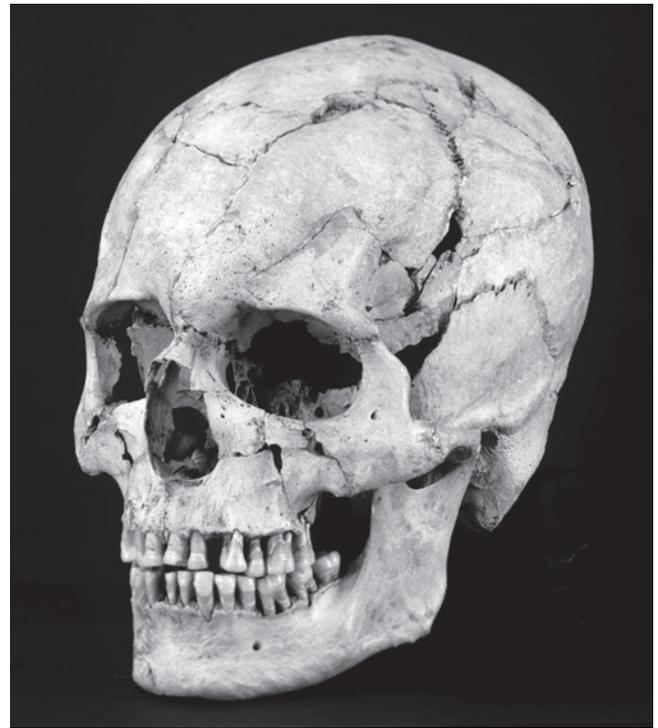


図35 アウストラロピテクス(猿人, 左)とホモ・サピエンス(新人, 右)の頭蓋を比較して示す。(国立科学博物館所蔵)

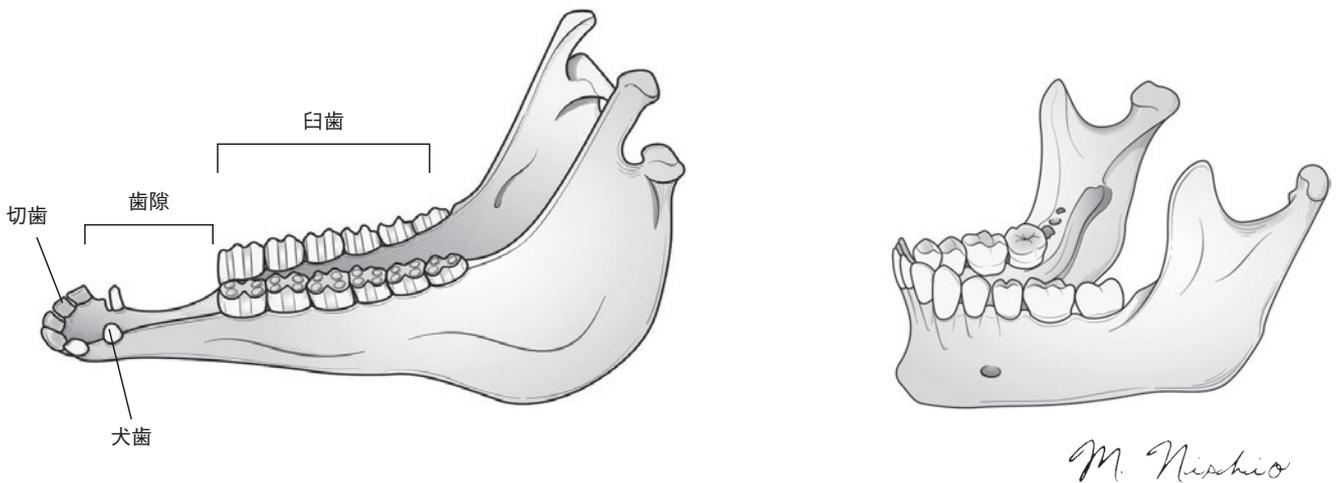


図36 ウシ(左)とヒト(右)の下顎を比較して示す。

口腔に運ぶ動作能力に優れている。また、長い舌は咀嚼に必要である²⁷⁾。これと比較して、ヒトでは顔面頭蓋が退化して顔が扁平になり、口腔の前後径が短縮するのに伴い舌体の前後径も短縮し、捕捉機能としての舌機能は退化した。大地の牧草を巨大なフォークのように舌で根こそぎ採食するウシのようなパワーは失われた。前方に舌を突出させてすばやく引水するイヌのような能力も失われた。

類人猿であるゴリラやサルと比較しても(図15, 37)、ヒトの舌(図28)の前後径は短い^{27, 134)}。ヒトの舌は粘膜でおおわれた卵形の横紋筋の筋塊であり、筋によって下顎骨、舌骨、咽頭に付着し、吊るされた状態にある。また、喉頭

蓋に靭帯により付着している。舌が付着する舌骨の位置が低くなったことで、舌は厚みを増して縦経が長くなり、丸い形状となった。とりわけ、ヒトの舌筋の中で、オトガイ舌筋が最も強く最も大きい¹³⁵⁾。オトガイ舌筋は下顎骨オトガイ棘から生じて、上方舌背の舌尖から舌根まで扇状に広がり、下方は舌骨に停止する。イヌやネコなどと比較して、ヒトのオトガイ舌筋が発達し相対的に大きく¹³⁶⁾、これにより厚みが増した。

舌は下顎骨と舌骨によって支持されるため、舌体部は下顎とともに運動し、舌根部は舌骨とともに運動するが⁵¹⁾、先にも解説したようにヒトにおいて舌骨は喉頭との骨性連

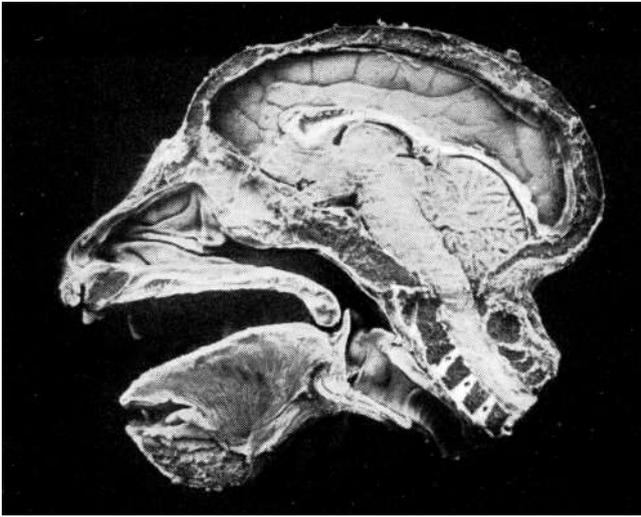


図 37 サルの頭頸部²⁷⁾

結を失い物理的制約が少なくなり可動性が大きくなったことで、発話時や嚥下時に舌根部も可動域が広まった。なお、多くの頭部の筋が鰓弓由来であるのに対して、体筋や体肢の筋と同様に舌筋は体節由来である。ただし、舌の粘膜は鰓弓由来である⁸⁰⁾。

このようにして丸い形状となったヒトの舌は、狭まった口腔内で多様な変形をする機能が高くなり、短縮して俊敏性を増した下顎と連動的に複雑精緻で敏捷な運動が可能となった。これは、ヒトだけが構音できる特筆すべき構造的特徴の一つである^{6, 106, 122, 133, 137-140)}。また、くり返しになるが、舌骨が喉頭と骨性の連結を失ったことで、発話時において両者の分離運動性が高まった。すなわち、舌が構音のために大きく変形をくり返しても、喉頭はその影響を大きくうけることなく独立的に発声持続することが可能となり、発声発語機能の獲得を促した^{31, 66, 141)}。

総じて、舌が運動する口腔容積と舌の両者の構造的変化が構音の獲得を促したと推察される。すなわち、顔面頭蓋の退縮に伴う口腔と舌の構造的変化は、捕捉・咀嚼機能の退化とトレードオフで、構音機能を獲得したともいえる。

以上を要約すると、ヒトでは第一に、喉頭が下降して中咽頭腔が上下に拡大することで誤嚥のリスクが高まるのとトレードオフで、拡大した中咽頭腔を活用して構音できる空間が広がるとともに、口腔に気流を導いて舌による気流操作を可能とし構音を獲得する条件を整えた。第二に、顔面頭蓋の退縮により咀嚼機能の退化とトレードオフで、口腔の構造を変容させるとともに舌の形態と機能を発達させて構音機能を獲得した。とまれ、進化の過程で、ヒトは捕捉・咀嚼・嚥下機能の退化もしくは低下とトレードオフの関係で構音機能を獲得した。

従来ヒトが発話を獲得した論拠として喉頭の下降に伴う中咽頭の拡大が盛んに主張されてきた。しかし、顔面頭蓋

の退縮および舌を支持する舌骨の位置が低くなったことに伴う口腔と舌の形態および機能の変化にもっと着目すべきであると思う。ところが、発話の起源と進化の観点から霊長類の舌の筋機能については、比較解剖生理学的に積極的に従来論じられてこなかった¹⁴⁰⁾。

ピグミーチンパンジー(ボノボ)の言語運用例が証しているように、チンパンジーが教育により言語能力をある程度習得できることは今日では広く知られている。しかし、チンパンジーが研究者の音声言語を用いた指示に従ってコンピューター上の絵をポインティングするばかりでなく、掃除をしたり、料理をしたり、その他多くの日常生活行為を忠実に行うことができることは実証されているが、分節的な音声言語音を生成することは決してできない。チンパンジーやサルなどの類人猿が決して構音できない最大の理由は、口腔と舌の形態および機能により構音不能となっているからである^{88, 142-144)}。最近の3Dを用いた解析でも、ヒトの舌が丸い形状をしているのに対して、チンパンジーの舌は薄く平らであり、前後運動を主とする^{6, 140)}。ヒト以外の哺乳類は長く前方に大きく突出させる舌を口腔内に納めるためには、薄い形状である必要があった²⁷⁾。発話時には嚥下時と異なりより精緻で敏捷な運動性が求められるが¹³⁾、そのためには短く丸い舌と俊敏に運動可能な声道の形態が必要なのである。

なお、進化の過程においてこのようなトレードオフは特段珍しいものではない。たとえばチンパンジーが有していた卓越した瞬間記憶能力をヒトは失い、その代わりに言語を操作する能力を獲得したことは「言語と記憶のトレードオフ」と呼ばれている¹⁴⁵⁾。

これまで論じてきた喉頭の下降と顔面頭蓋の退縮が構音の獲得をもたらしたことに関連して、さらに着目すべき点がある。すなわち、ヒトの声道は口峽を境に咽頭腔と口腔に分けられるが、喉頭の下降により垂直方向に咽頭腔が拡大し、顎骨の短縮により水平方向に口腔が短縮することで、**図 38**に示したように、ほぼ同じ長さをもつ口腔(水平管)と咽頭腔(垂直管)が直角(逆L字型)に配置される二共鳴管構造(two-tube resonator system, double resonator system)が成立したということである^{6, 8, 37, 82, 92, 134, 139, 142)}。

図 39に、口腔と咽頭腔の2つの共鳴管を主体として声道を示した。ここでは声道の90°の屈曲は便宜上示さなかったが、この屈曲は共鳴器としての性質に影響は与えない⁸⁾。気管から流出した呼気は喉頭で喉頭原音が作られ、口腔と咽頭腔を主とする声道の形状の変化により共鳴特性が与えられ、音声言語音が生成される。その際、直角に曲がった両共鳴腔に囲まれ中央に位置する丸い舌をわずかに変形させることで口腔と咽頭腔という二つの共鳴腔の形状を独立的にもしくは協調的に敏捷に変形させることができる³¹⁾。ヒト以外の霊長類のように口腔と咽頭腔が直線的もしくは

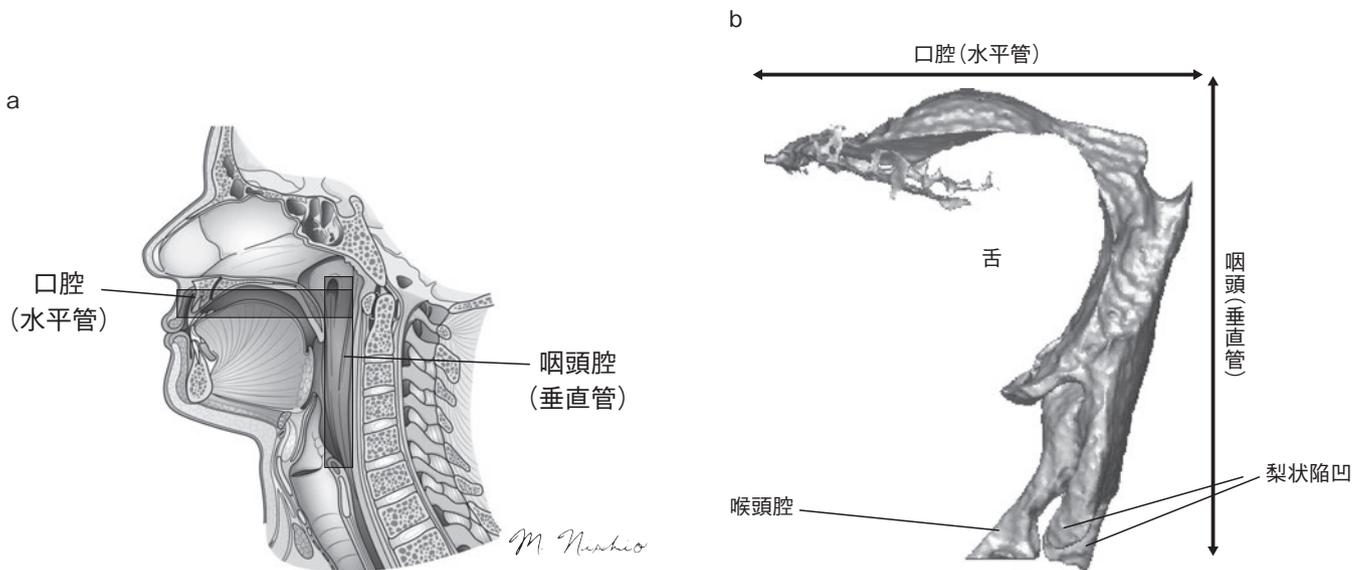


図 38 二共鳴管構造 (a) と /u/ 構音時の声道の三次元 MRI (b) (画像提供：竹本浩典先生)

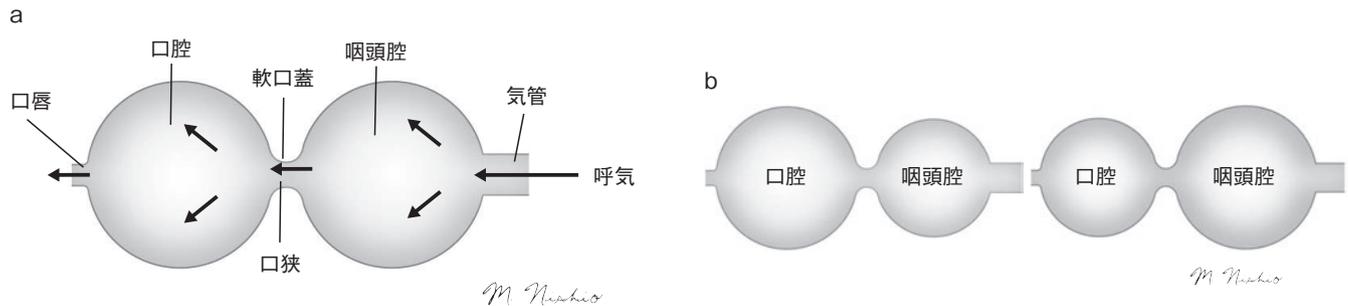


図 39 二共鳴管を主体として声道を示す (a). 丸い舌を変形させることで二つの共鳴腔の形状を敏捷に変形させることができる (b). 口腔と咽頭腔を便宜的に並列にして示す. (文献 8) を参照して作図)

鈍角であれば、いかに二共鳴管構造を獲得していても舌により構音することはできない。

図 40, 図 41 に、それぞれ /a/ と /i/ 構音時の舌の形状変化に伴う F1 と F2 の変化を示した。ゴリラ (図 15) やサル (図 37) などの類人猿の声道の場合は、咽頭腔は非常に短く口腔の前後径が長く、ほぼ一共鳴管構造というべき形態をなしている^{6, 37, 82)}。そのため、喉頭原音に細密な共鳴特性を与えることができない。ヒトにおける構音機能の獲得を説明する際において、この二共鳴管構造が成立したことと丸い舌への形状変化は特筆すべき事項である。なお、母音の共鳴周波数と声道の形状および大きさとの関係を二共鳴管構造の理論に基づいてはじめて理論的説明を行ったのは、Crandall であり、1927 年のことであったという⁸⁾。

IV. 発話と嚥下の両立共存をめざして

ここまで、声道の構造的変化を系統発生的に検討することにより、進化の過程で、ヒトは咀嚼・嚥下機能の退化

もしくは低下とトレードオフの関係で構音機能を獲得したことを解説した。こうした系統発生的歴史をたどれば、声道の構造的変化は、発話と咀嚼・嚥下との共存の乱れの歴史として解釈できる。すなわち、発話は嚥下のための器官を活用して発達した以上、ディサースリアと嚥下障害が同時に障害されるのは必然的であるばかりでなく、そもそも共存の危機を孕んでいる。したがって、神経筋疾患や加齢に伴い、こうした共存の危機が露わになりやすい。平均寿命が延伸し高齢化率が約 27% に達した今日では、この発話と嚥下の共存の危機が深刻化している。加齢に伴う姿勢の異常、喉頭下垂、声帯内転能力の低下などの問題が高齢期になると複合的に顕在化し、ヒトに潜在している設計ミスを発露させ、発話と嚥下の共存を脅かす。すでに触れたが、国内では 2011 年以来死因の第 3 位が肺炎であり、その大多数は誤嚥性肺炎と報告されている⁸¹⁾。他方で、発話機能の喪失は、人間としての尊厳を根底から脅かす。

ここにこそ、言語聴覚士が発揮すべき専門性があるのではないだろうか。言語聴覚士は専門職種の中で、唯一ディ

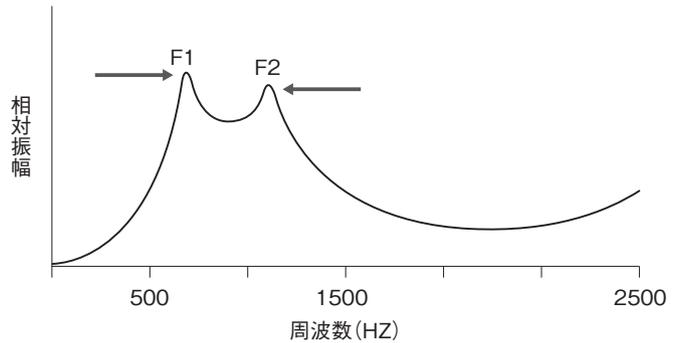
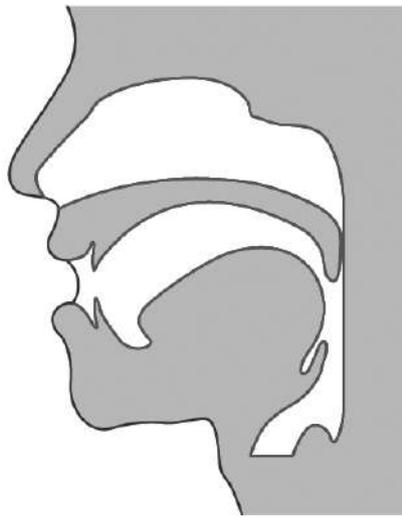


図40 /a/ 構音時の声道の形態とスペクトル(文献9)を参照して作成)

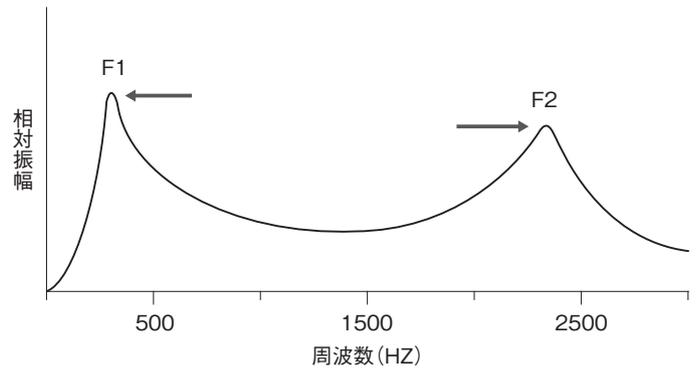
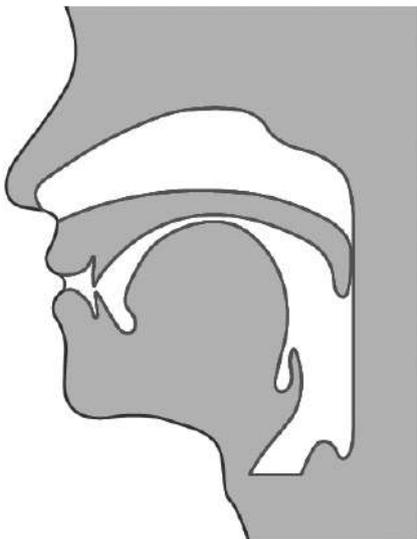


図41 /i/ 構音時の声道の形態とスペクトル(文献9)を参照して作成)

サースリアと嚥下障害を同時並行的に予防・治療・訓練できる環境と能力を持ち合わせている。そして、その期待は大きい。「話すこと」と「食べること」の共存により人間らしく生きることができる。両障害を同時並行的に評価・予防・治療・訓練し、発話機能と嚥下機能を両立共存させるのは言語聴覚士に与えられた職責であろう。Corbin-Lewisら¹⁴⁶⁾もまた、声道が嚥下と発話の共有路となっていることから言語聴覚士が両障害に積極的に取り組む必然性があることを強調している。

しかし、現実にはどうであろうか。図42に示したように、嚥下障害の治療が発話障害(ディサースリア)の治療・訓練(リハビリテーション)から分断されつつあるといっても過言ではないであろう。1997年12月の国会で言語聴覚士法が制定されてから約20年が経った。同法が制定されるまで、国内の言語聴覚士の領域では嚥下障害に対する

臨床は定着していなかった。むしろ、「言語聴覚士は嚥下にかかわるべきではない」という意見さえ、当事者団体の役員の一部から強く提出されたものであった。言語聴覚士法の制定は、嚥下障害が言語聴覚士の職域としての意識を定着させる好機となった。そして、短期間で言語聴覚士間において本障害に対する関心がたくましく高まったのは誠に嬉しいことである。しかし、ディサースリアと切り離して嚥下障害の臨床が行われるような事態に陥った今日の臨床スタイルは是正されるべきではないだろうか。

もとよりMurryら¹⁴⁷⁾が端的に指摘しているように、「嚥下リハビリテーションの手技の多くはディサースリアの治療手技に由来している」のである。現在用いられているディサースリアの機能的治療手技の原型は、1940~1950年代に萌芽し¹⁴⁸⁻¹⁵³⁾、やがて1980年代になって体系化されたものである。嚥下障害の治療手技はLogemann¹⁵⁴⁾が1983

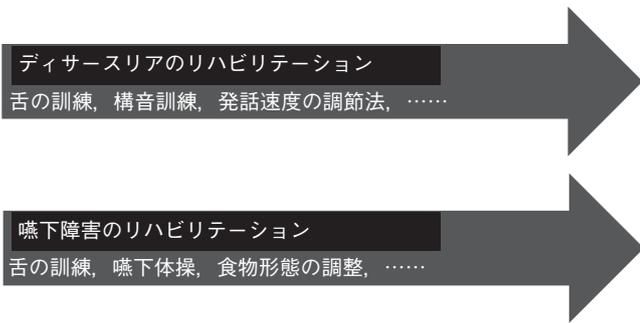


図 42 嚥下障害の治療が発話障害(ディサースリア)の治療・訓練から分断された臨床スタイル

表 1 ディサースリアと嚥下障害を合併した仮性球麻痺例を対象として、両障害の機能レベルの問題点を示す。

	ディサースリア	嚥下障害
# 1.	両側舌下神経麻痺	両側舌下神経麻痺
# 2.	両側咽頭麻痺	両側咽頭麻痺
# 3.	両側顔面神経麻痺	両側顔面神経麻痺

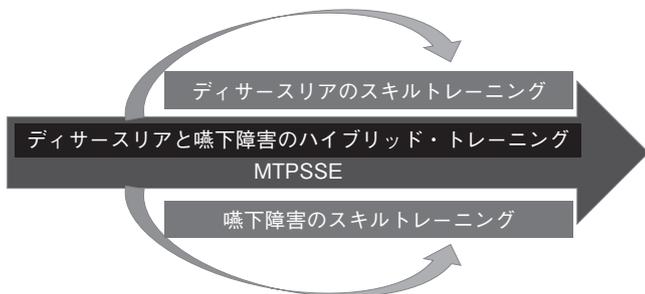


図 45 新しい臨床スタイル：機能レベルでは MTPSSE を用いて両障害を同時並行的にアプローチしながら、両障害に対して別途にスキルトレーニングを行う。

年に出版した“Evaluation and treatment of swallowing disorders”に始まるが、この当初から間接訓練として Logemann が記載しているもののほとんどはディサースリアの機能的治療手技である。

すなわち、嚥下障害の治療はディサースリアの治療手技を転用して蠢動し、言語聴覚士は両障害を同時に扱う臨床的能力を有しているのかかわらず、時代の変遷とともに両障害を切り離して施行する臨床スタイルが確立されてしまっている。中には、日々の臨床業務は嚥下障害のリハビリテーションだけで終わる言語聴覚士もいるという。今、私たち言語聴覚士は、嚥下障害のあるクライアントの多くがディサースリアを合併しているという現実と向かい合い、こうした偏った臨床スタイルを改める必要があるのではないだろうか。

先にディサースリアと嚥下障害の障害構造は図 5 のように一括して示すことができ、同一の原因疾患に起因してほ

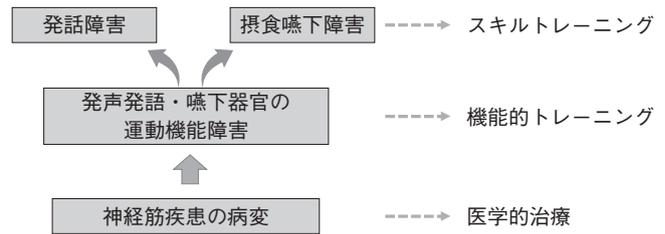


図 43 ディサースリアと摂食嚥下障害の障害構造と、治療との対応関係

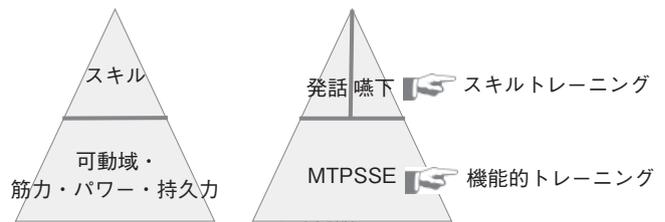


図 44 運動における機能的トレーニングと MTPSSE との関係性

ぼ重複しあった発声発語・嚥下器官の運動機能が障害された結果として、発話の障害(ディサースリア)と嚥下障害が発現することを解説した。したがって、図 43 に示したように、同一の原因疾患に起因して重複しあった発声発語・嚥下器官の運動機能障害は同時にトレーニングするのが妥当だと思われる。ただし、この障害に起因する発話と嚥下というパフォーマンスについては、それぞれ別途にスキルトレーニングとして行う必要がある。

実例として、表 1 にディサースリアと嚥下障害を合併した仮性球麻痺例を対象として両障害の機能レベルの問題点を示したが、両者の機能レベルの問題点は全く同一である。そこで、運動における可動域・筋力・パワー・持久力といった機能レベルでは同一の機能的トレーニングが施行可能であり、これを体系化したものが MTPSSE である(図 44)。両障害を扱う際に、同時並行的に治療可能であるレベルと、別途に扱うべきレベルを賢明に区分する思慮深さは欠かせない。図 45 に、こうした点を考慮した臨床スタイルを模式的に示した。

ここで、ディサースリアと同時に治療可能な嚥下障害の治療手技について、整理しておこう。原則として Logemann¹⁵⁾に従うと、摂食嚥下リハビリテーションは、訓練法(therapy procedures)と代償法(compensatory treatment procedures)に分けられる。さらに訓練法は、間接訓練と直接訓練に分けられる(図 46)。間接訓練とは、飲食物を用いないで摂食嚥下に関わる器官の神経筋制御機能を改善させる訓練の総称である。筋力増強運動や可動域拡

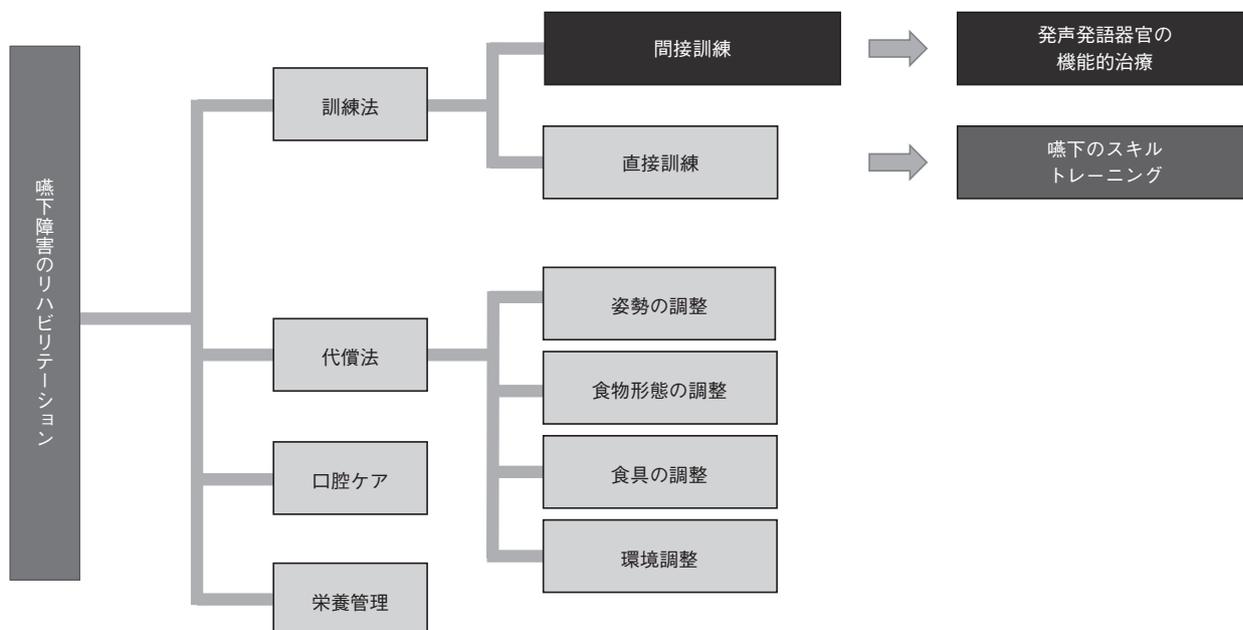


図 46 嚥下障害のリハビリテーションに含まれる主な介入手法における、ディサースリアと同時に治療可能な手技

大運動などが典型的な手法である。直接訓練とは、飲食物を用いて摂食嚥下時における適切な動作を習得させる訓練である。息こらえ嚥下 (supraglottic swallow), 強い息こらえ嚥下 (super-supraglottic swallow), 努力嚥下, メンデルソン手技などの手法が含まれる。国内では、間接訓練は基礎訓練とも呼ばれ、直接訓練は摂食訓練とも呼ばれることがある。

代償法としては、姿勢の調整、食物形態の調整、食具の調整、環境調整などがある。その他、口腔ケア、栄養管理、心理・社会的支援なども重要である。

これら一連の手技の中で、嚥下器官の運動機能を改善させる間接訓練は、発声発語器官の運動機能を改善させるもの (ディサースリアの機能的治療手技) でもある。先にも述べたように両器官は解剖学的に重複しているため、その機能は同時並行的にアプローチされて然るべきものである。

今一度、くり返そう。系統発生的歴史をたどれば、誰しもが発話と嚥下の共存の危機を生得的に孕んでいる。この宿命ともいえる共存の危機を克服し、人間らしさを回復させることができるのは、言語聴覚士なのである。そして、その職務は関連職種との連携によって生かされる。

V. 発話と嚥下を共存させるためのハイブリッド・アプローチ：MTPSSE

1. MTPSSE の構成

MTPSSE は、言語聴覚士を介して、臨床現場で一方に偏ったり、分断されかねない発話障害と嚥下障害の両障害を予防・指導・治療・訓練の対象として統合的に扱い、両者の両立共存を目的とするハイブリッド・ツールである。

表 2 MTPSSE の構成

	I. 可動域拡大運動プログラム	II. レジスタンス運動プログラム
対象(適応)	著しい筋力低下などに起因して、自動運動における可動域の制限を認める者。	自動運動における可動域の制限を認めない者。
目的と内容	可動域の拡大を目的として、他動 ROM 運動、自動介助 ROM 運動もしくは自動 ROM 運動を実施する。	筋力や筋パワーの増大を目的としてレジスタンストレーニングを実施する。

MTPSSE は、[I. 可動域拡大運動プログラム]と [II. レジスタンス運動プログラム] の 2 部から構成される運動療法の一つである (表 2)。[I. 可動域拡大運動プログラム] は、可動的制限を認める者を対象として他動 ROM (range of motion) 運動、自動介助 ROM 運動もしくは自動 ROM 運動を実施して可動域の拡大を図ることを目的とする。[II. レジスタンス運動プログラム] は可動域制限を認めない者を対象として、筋力や筋パワーの増大を目的とする。当初は [I. 可動域拡大運動プログラム] が適応となり、トレーニングを施行をしている間に対象者の自動 ROM 運動がある程度可能となったことから、抵抗運動を主体とした [II. レジスタンス運動プログラム] へと発展させることも珍しくない。むしろ、自力で ROM 運動が容易となった対象者に対して漫然として自動運動を継続しても、筋力を増強させることが難しいばかりでなく、維持することもでき

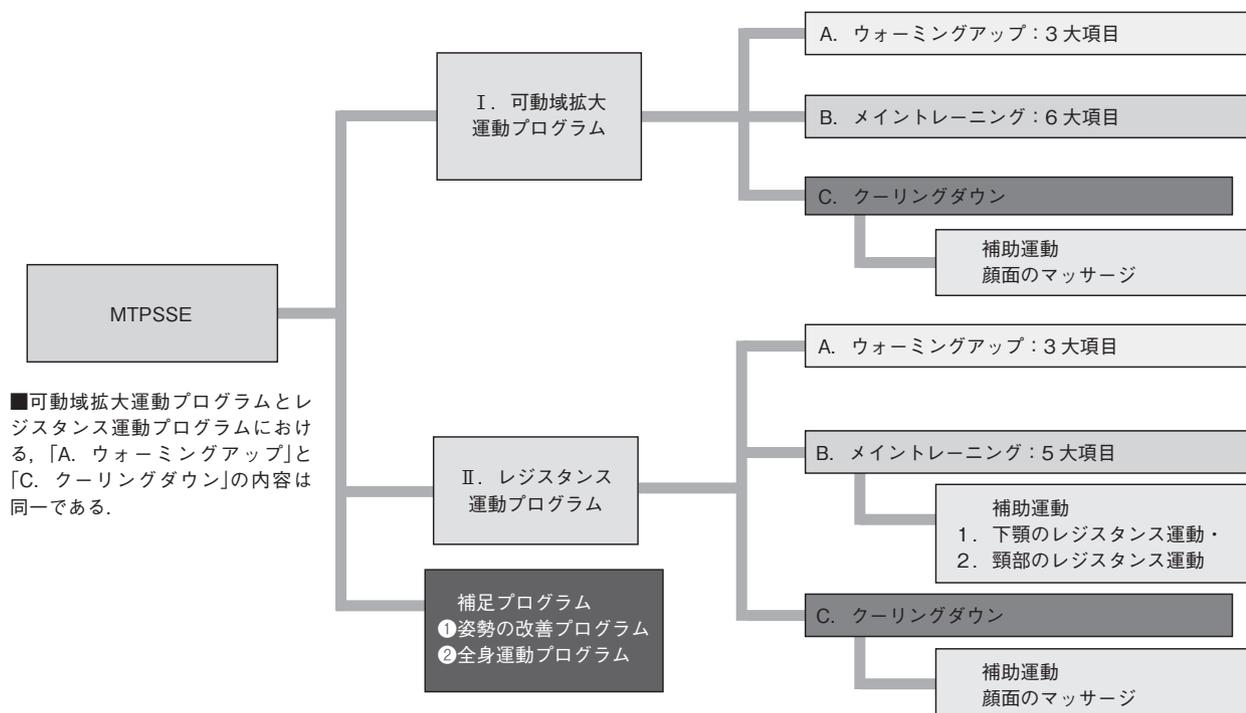


図 47 MTPSSE の全体的構成

ない¹⁵⁶⁾。

レジスタンストレーニングとは、筋に負荷（抵抗：resistance）をかけて筋機能を向上させるトレーニングのことをいう。これには、スクワットのように自体重を負荷とする方法、バーベルやダンベルなどの用具やトレーニングマシンなどの機械を使用して筋に負荷を加える方法、徒手的に抵抗を加える方法などがある。筋力トレーニングと類似するが、筋力という用語にはパワーやスピードは含まれない。したがって、レジスタンストレーニングは、筋力トレーニングよりも広い概念である。筋力増強、筋パワー増大のほかに、筋収縮速度向上、筋持久力向上、筋断面積の増大などの効果が期待される¹⁵⁷⁾。

図 47 に、MTPSSE の全体的構成を示した。〔I. 可動域拡大運動プログラム〕と〔II. レジスタンス運動プログラム〕は、いずれも、「A. ウォーミングアップ」「B. メイントレーニング」「C. クーリングダウン」の3部から成る。しかし、「A. ウォーミングアップ」と「C. クーリングダウン」の内容は、両プログラムで同一である。中心となる「B. メイントレーニング」の内容は全く異なる。

これに補足プログラムとして、①姿勢の改善プログラムと②全身運動プログラムが備わっている。姿勢の改善プログラムは、「嚥下をよくするポールエクササイズ (Pole Exercise Program for Improved Swallowing: PEPIS)」⁷³⁾であり、本会誌本号で解説されているので参照とされたい。補足プログラムとはいえ、姿勢と全身運動機能は嚥下運動機能の予防と治療のいずれの指導効果にも大きく関与する。

図 48 に、MTPSSE における〔I. 可動域拡大運動プログラム〕と〔II. レジスタンス運動プログラム〕の「メイントレーニング」に含まれる大項目一覧を示した。

各大項目は、一連の小項目から成る。本稿ではこれらの小項目にまで言及することは紙面の都合上許されないが、これらの小項目は、当初、Yorkston¹⁵⁸⁾、Academy of Communication Disorders and Science (ANCDs) から提出された一連のシステムティックレビュー¹⁵⁹⁻¹⁶⁸⁾に依拠して作成するとともに、西尾ら¹⁶⁹⁾の研究成果に依った。しかし、作成段階で、後述するように実用性を重視するため取捨選択し、他方で新奇性のあるアプローチを多数取り上げた。また、エビデンスを重視するとともに、国内の言語聴覚士を取り囲む風土と環境に好適な手技を取り入れた。欧米を追従することから視点を広げた結果として、国際的に類をみない斬新性を有するものとなった。医学の多くの領域において規格化、ガイドライン化が進んでいる。やがて欧米でも MTPSSE と類似したシステムティックで規格化された治療・指導システムが発表されるかもしれない。しかし、ディサースリアと嚥下障害に対するハイブリッド・アプローチという着想は、独自性に富んでいる。こうした点で私たち日本の言語聴覚士が世界に先駆けて priority を握ったことは誇るべきことではないだろうか。

2. MTPSSE の適応

1) 重症度

MTPSSE は予防的アプローチであると同時に治療的アプローチであるため、急性期リハ、回復期リハ、維持期（生

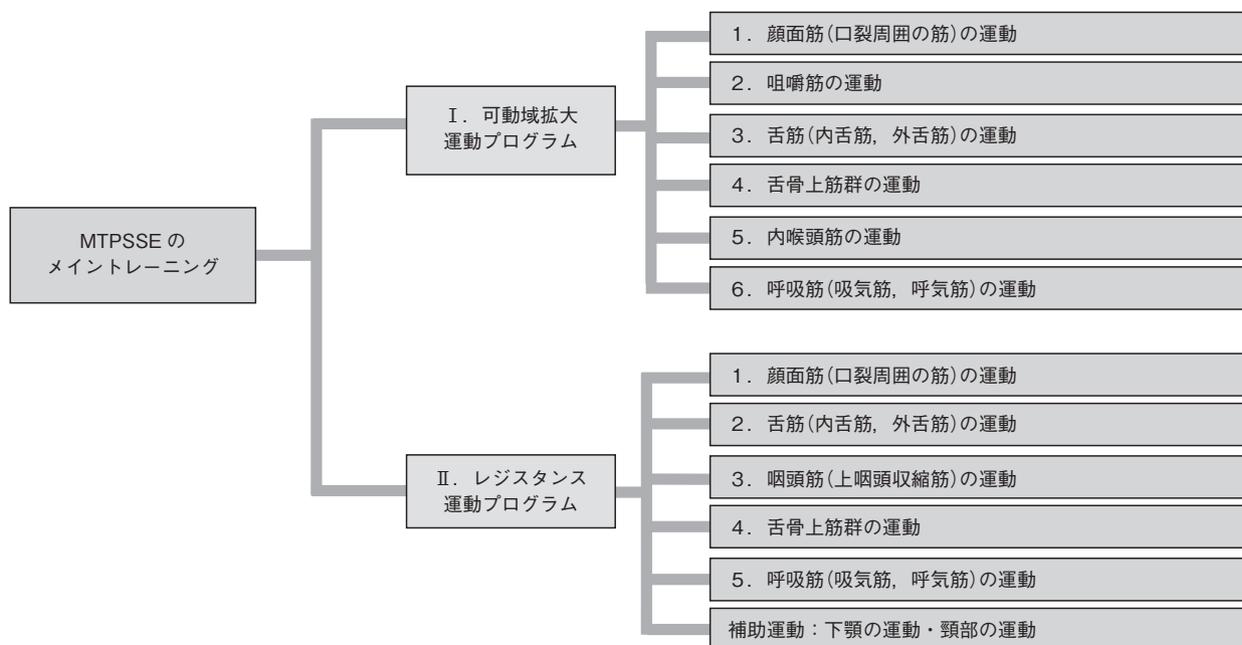


図 48 MTPSSE における [I. 可動域拡大運動プログラム] と [II. レジスタンス運動プログラム] の「メイントレーニング」に含まれる大項目一覧

活期) リハばかりでなく、介護予防分野においても活用されることを期待して開発されたものである。したがって、発話・嚥下機能が健全な状態にある者から機能障害がある者まで対象となる範囲は実に広い。運動療法により神経筋機能の改善が期待できない方も、負荷の程度を軽減したりセット数を調節するなどしてオーバートレーニングとなることに留意することで、機能の維持を目的として対象に含めることができる。概して、フレイル期であれば予防的アプローチとして、障害期であれば治療的アプローチとして用いるのが妥当である。

従来の介護予防事業の一次事業と二次事業は、介護予防・日常生活支援総合事業における一般介護予防事業として再編されて取り込まれることになった。筆者が提案してきた「予防的摂食嚥下リハビリテーション」の領域を確立し成果を得るには、介護保険法の改正により、一般介護予防事業に地域における介護予防の取り組みを機能強化するために新設された地域リハビリテーション活動支援事業(2017年4月施行)において、MTPSSEが活用されることを切に期待したい。

2) ディサースリアと嚥下障害の重複性

MTPSSEは、常にディサースリアと嚥下障害が合併した方に対して行うというものではないということに注意喚起しておきたい。ディサースリアを認めず、嚥下障害を認める方も対象となる。嚥下障害を認めず、ディサースリアを認める方も対象となる。さらに、何ら障害を認めない方も対象となる。

3) 神経難病のあるクライアントへの適応性

最近、筆者ら^{25,26)}はパーキンソン病(Parkinson's disease: PD)や皮質性小脳萎縮症などの神経難病のあるクライアントの症状の進行過程を理解する際には、「疾患」自体による一次障害に加えて、加齢に伴う一次性サルコペニアと不活動・低活動による廃用に伴う二次性サルコペニアのハイリスクを抱えていることに留意した多面的解釈が必要であり(図49)、加齢に疾患と廃用の影響が加わるためにサルコペニアの進行速度が速くなり、機能障害に陥りやすばかりでなく、重症化しやすいことを指摘した。そして、MTPSSEにおける[II. レジスタンス運動プログラム]が、こうした神経難病のあるクライアントにおける二次障害の予防・改善に有効であったことを報告した。

神経難病のあるクライアントの嚥下障害の臨床において、従来は「疾患」にとらわれる傾向があったと思われる。しかし、一次障害もしくは疾患そのものによる所見ばかりではなく、不活動・低活動による廃用の影響と、さらに加齢の影響にも視点を拡大して臨床所見をとらえ、不可逆的要因と可逆的要因とに整理することで、より適切な練プランの立案が導かれるであろう(図50)。そして、可逆的要因に対しては、MTPSSEにおける[II. レジスタンス運動プログラム]がしばしば適応となると思われる([I. 可動域拡大運動プログラム]が適応となることもある)。PDなどの可逆的要因を含む神経難病のあるクライアントの介入において、筆者らの主張は、パラダイムシフトを求めるものである。一次障害から視野を広げ、フレイル・サルコペニアに伴う嚥下障害を予防・改善することができれば、こう

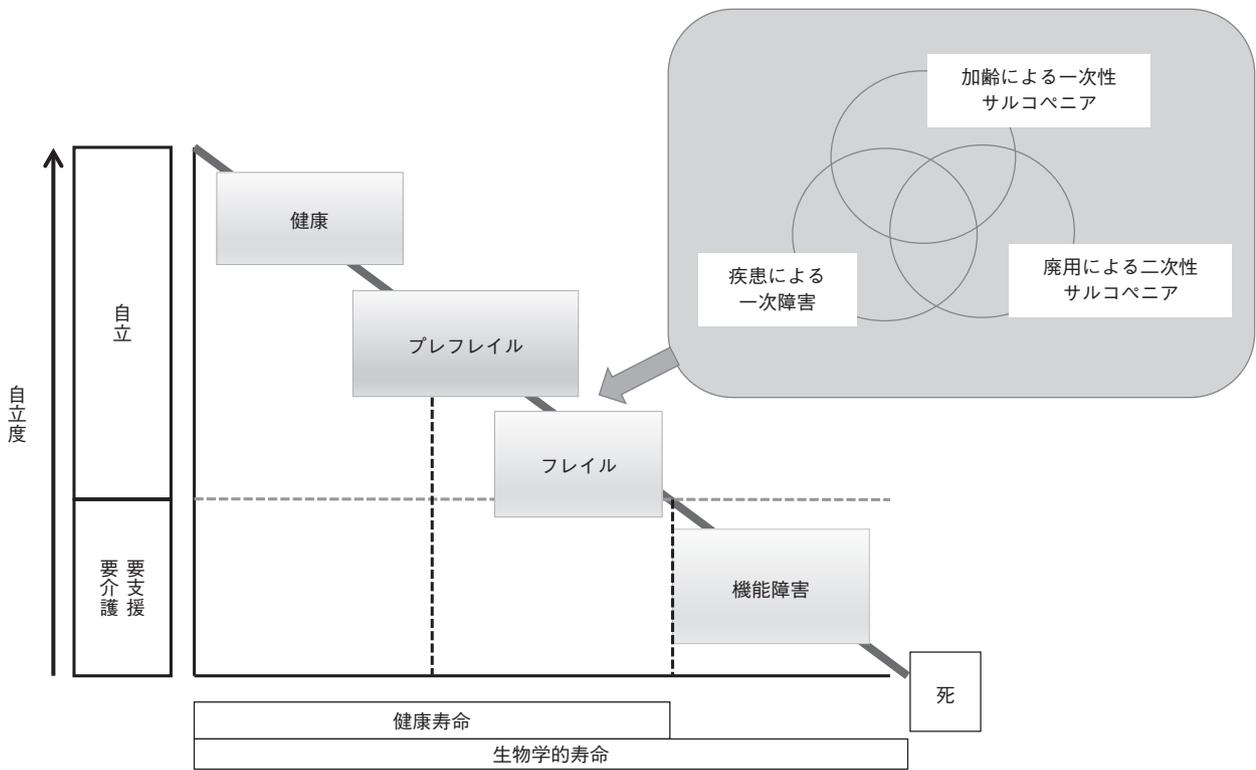


図 49 PD などの神経難病のあるクライアントにおける症状の進行過程に対する多面的解釈

したクライアントの ADL と QOL の向上に寄与することができるであろう。

4) 年齢

MTPSSE が適応となる年齢範囲にかかわるエビデンスは存在しないが、高齢者に対してレジスタンストレーニングが有効であったとするエビデンスは非常に多い¹⁷⁰⁻¹⁸²⁾。Peterson ら¹⁷⁵⁾はメタアナリシスにて「レジスタンストレーニングは、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」と結論づけている。Fiatarone ら¹⁸³⁾、Evans ら¹⁸²⁾は 90 歳代であっても筋力増強効果が認められたと報告している。これらの報告例から判断して、MTPSSE が適応となる年齢の上限について制限を設ける必要がないと思われる。

また、予防的アプローチとして実施する場合、年齢に関する下限は存在しないが、50 歳代になれば舌骨上筋群と呼吸筋、および補足プログラムを開始することを推奨する。ここでは多くを触れないが、中高齢者の運動不足は国際的に深刻化している。WHO¹⁸⁴⁾は、高血圧 (13%)、喫煙 (9%)、高血糖 (6%) に次いで身体活動不足 (6%) を全世界の死亡に対するリスクファクターの第 4 位として位置づけており、2010 年にその対策として「健康のための身体活動に関する国際勧告 (Global recommendations on physical activity for health)」を発表した。2012 年に Lee ら¹⁸⁵⁾は、不活動は早期死亡の 9% を占め、2008 年に全世界で発生

した 5,700 万人の死者の中で 530 万人に相当すると報告した。また、The 3rd International Congress of Physical Activity and Public Health で採択された「身体活動のトロント憲章 2010 (Toronto Charter for Physical Activity 2010)」¹⁸⁶⁾では 9 つの指針と 4 つの行動領域が採択されたが、その中で科学的根拠に基づいた戦略を用いて、小児から高齢者までのライフステージを通じ身体活動に取り組むことの重要性が強調された。

国内でも、厚生労働省が「健康づくりのための身体活動基準 2013」および「健康づくりのための身体活動指針 (アクティブガイド)」¹⁸⁷⁾を発表し、システマティックレビューで日本人の身体活動量の低下を指摘するとともに、運動基準を策定して啓発的活動を行っている。

しかし、身体活動不足が肥満や喫煙に匹敵するリスクファクターであるという認識は、なおも国内では高いとはいえないであろう。心臓疾患や糖尿病、腎臓疾患などの合併症に罹患すると、身体活動によって血圧上昇、不整脈、低血糖、血糖コントロールの悪化などのリスクが大きくなり運動制限が生じることも少なくない。高齢期になるとこうした疾患に罹患する割合が高くなる点も考慮しつつ、誤嚥性肺炎が死因の第 3 位となった現状から判断して、遅くとも 50 歳代から嚥下器官を含めた全身の運動を習慣化し、老後に備えて「筋肉の貯金」を蓄えておく意識を高める啓発的活動が求められる。

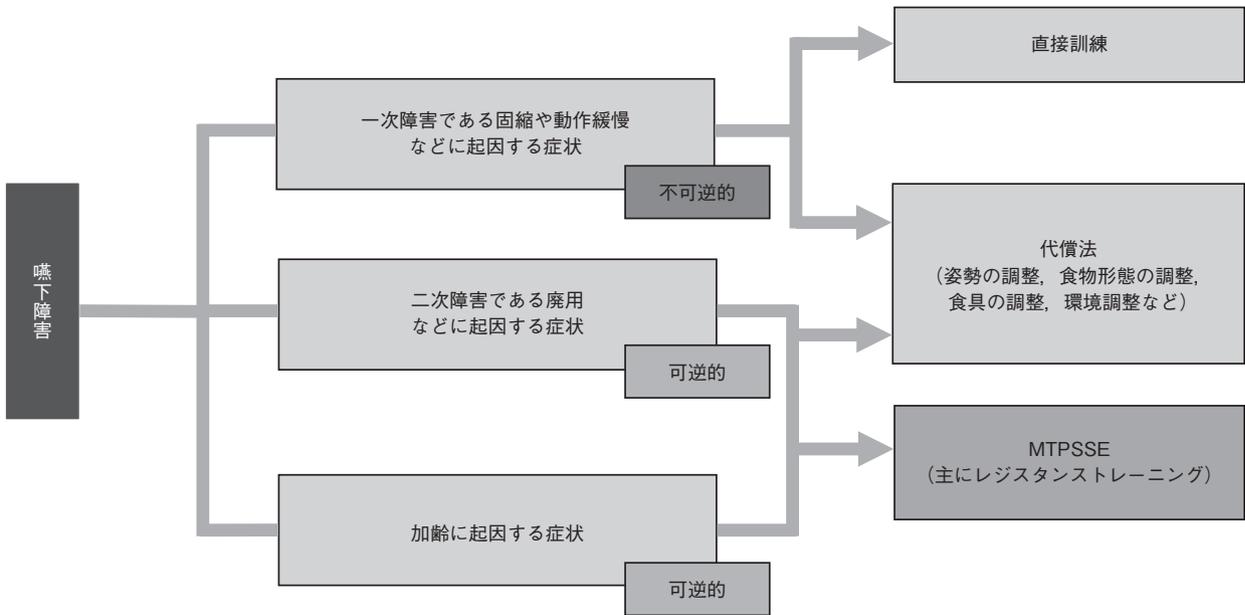


図 50 PD などの神経難病のあるクライアントにおける嚥下障害の多様な問題点に対応した取り組みの模式図

3. MTPSSE の特徴

1) 治療アプローチの分類

ディサースリアに関していえば、治療アプローチの分類は、1) 行動的アプローチ、2) 機器的アプローチ、3) 補装的アプローチ、4) 拡大・代替コミュニケーション・アプローチ (AAC アプローチ)、5) 外科的アプローチ、6) 薬理的アプローチに分類される^{188,189)}。これらの中で、MTPSSE は原則として、行動的アプローチを用いて発声発語器官の機能的改善を図ることを目的とするものである。

嚥下障害の治療アプローチの分類はすでに述べたとおりである (図 46)。MTPSSE は原則として、間接訓練により嚥下器官の機能的改善を図ることを目的とするものである。

MTPSSE を実施する際に、治療プランの中に行動的アプローチや間接訓練以外のアプローチの併用を必要とすることがある。有益である限りにおいて、MTPSSE に含まれていない他の行動的アプローチあるいは間接訓練を加えても構わない。医療、福祉の領域において、臨床家が常に個々のクライアントに最善の支援プランを供給することを優先させるのは当然のことである。いかに体系的なシステムであろうとも、治療計画が特定のシステムによって限定されるとモラルハザードが生じる。

ただし、エビデンスが乏しい、もしくは否定されている手技を用いるのは控えるべきである。たとえば、鼻咽腔閉鎖不全 (VPI) に対して有効性を裏付ける行動的アプローチの手技は極めて乏しい^{190,191)}。ANCDs¹⁹²⁾ではシステムティックレビューにより、プッシング法、ブローイング法、吸啜訓練、圧刺激法、ブラッシング法などを明確に否定している。特にブローイング法については、多くの議論

を経て 1990 年代に至り、発話時と非発話時では閉鎖メカニズムが異なることなどから否定的見解が決定的に有力となった^{188,193-197)}。それ以降、標準的とされるディサースリアのテキストでは、VPI に対するアプローチとしてブローイング法は否定的であるか、あるいは記載されることさえしない¹⁹⁸⁻²⁰⁰⁾。

しかし、こうしたエビデンスを参照するまでもなく、筋機能の向上は過負荷の原理に基づかなくてはならないという基本的な運動生理学的理論に照らして検討すれば、ブローイング運動で咽頭筋の筋力が強化されるというのは考え難い。また、個々のクライアントの筋力の程度にかかわらず画一的に実施するのは、個別性の原則にも反している。これに対して、後述する持続的陽圧呼吸療法は過負荷の原理に即した抵抗運動であるといえる。

VPI に対して有効な行動的アプローチとして、持続的陽圧呼吸療法 (CPAP 療法)²⁰¹⁻²⁰⁵⁾、シー・スケープ^{206,207)}、冷圧刺激法^{190,206,208)}がある。これらの手技は汎用性が低いことから MTPSSE には含めていないが、実施可能であれば用いるとよい。また、機器的アプローチとしてナゾメーター、ファイバースコープがある。リハビリテーションの領域では普及性に乏しいが、実施可能であれば用いるのもよい。

VPI に対して最も有効なアプローチは、軟口蓋挙上装置 (PLP) を用いた補装的アプローチである。ANCDs のシステムティックレビューでも、ディサースリアにおける鼻咽腔閉鎖不全に対する治療効果では PLP により改善を認めたとするものが際立って多いと報告している¹⁶⁰⁾。VPI に対しては、このように実用的で汎用性の高い行動的アプロ

チが存在しないため、MTPSSEでは大項目さえ設けていない。これはVPIに対する治療として消極的であるわけでは決してない。くり返すが、PLPなどほかのアプローチを用いて取り組むのは、大いに奨励される臨床行為である。

2) 国際生活機能分類における位置づけ

2001年に世界保健機関(WHO)²⁰⁹⁾によって採択された国際生活機能分類(ICF)に依拠したANCDS^{210,211)}およびYorkston¹⁹⁹⁾の見解によると、ディサースリアにおける機能障害とは発声発語器官の神経筋機能もしくは生理学的レベルの問題を指し、活動制限とは日常生活におけるコミュニケーションを介した他者とのかわりのレベルの問題を指す。したがって、ICF分類に基づいたディサースリアの位置づけとして、MTPSSEは原則として機能のレベルに対して働きかけるものであり、発声発語器官の機能的改善を図ることを目的とするものである。

ICFにおける嚥下障害の諸アプローチの解釈については見解の一致がみられていないが、Enderbyら²¹²⁾、Skeatら²¹³⁾、Perryら²¹⁴⁾、西尾²¹⁵⁾らの解釈によると、嚥下(swallowing)は第5章「消化器系・代謝・内分泌系の機能」に明記されたように心身機能に位置づけられ、食べること(eating)と飲むこと(drinking)は活動と参加に位置づけられる。つまり、箸やフォークを使って食事をしたりストローを使ってドリンクを飲むという日常生活行為は、活動と参加に含まれる。臨床的観点から具体例を挙げると、VFで検出される嚥下反射の遅延は機能障害に属し、箸で食物を取り込むことの困難は活動制限に含まれ、会食会に参加することの困難は参加制約に含まれる。

以上の見解に従うと、ICF分類に基づいた嚥下障害の位置づけとして、MTPSSEは原則として機能のレベルに対して働きかけるものであり、嚥下器官の機能的改善を図ることを目的とするものである。

3) トレーニングプログラムにおける運動生理学的理論の重視

MTPSSEは、トレーニングの三大原理(過負荷の原理、特異性の原理、可逆性の原理)と五大原則(漸進性の原則、全面性の原則、意識性の原則、個別性の原則、継続性(反復性)の原則)に依拠している。ディサースリアと嚥下障害は、いずれも運動障害の一種である。運動障害の治療・指導を行う以上、言語聴覚士にとってこれらの運動生理学的理論を習得しておくことは欠かせない。運動生理学的理論に基づかないと、望ましい治療・指導効果を得ることができない。

言語聴覚士学校養成所指定規則にこの点が含まれていないのは残念である。これも欧米のシステムを追従したことが関与しているかもしれない。こうした教育体制は、いわば聴覚の機能・構造に関する教育を受けない状態で聴覚障害を扱うようなものである。あるいは心理学に関する教育

を受けない状態で心理カウンセリングを行うようなものである。しかし、これを指弾しても何ら進展はない。私たち言語聴覚士は、自助努力によりこの問題をクリアすることが迫られている。

その他に、FITTの原則として知られている運動プログラムの重要構成要素、すなわち①頻度(frequency)、②強度(intensity)、③持続時間(time of duration)、④種類(type of exercise)についても、運動生理学的観点から個別に設定する必要がある。

これらの運動生理学的理論については、本会誌本号で大藏²¹⁶⁾がわかりやすく解説しているので、本稿では割愛する。読者諸氏には、ぜひ大藏論文を一読されることを推奨したい。

4) 新規性

MTPSSEには、ディサースリアと嚥下障害を同時に治療するのにある程度必要十分な治療・訓練手技が含まれている。その中には、ディサースリアや嚥下障害の領域で従来用いられたことのない新しい手技を用いた課題が多数あるばかりでなく、臨床効果を高めるために開発されたテクニックが多数含まれている(舌圧子保持法、各器官のチューブトレーニングテクニック、舌や口唇に対するクロスオーバーテクニック、シールマーカー法、コットンロール活用法、綿棒を用いた舌のリーチ動作、舌骨上筋群に対するNishioマニューバー、スピードトレーニングテクニック、指サックテクニックなど)。

本会誌本号では、これらの中で、舌圧子保持法²¹⁷⁾、シールマーカー法²¹⁷⁾、Nishioマニューバー²¹⁸⁾が臨床ヒントとして解説されているので参照されたい。

4. MTPSSEの運用システム

MTPSSEのトレーニングプログラムには、ほぼ発話・嚥下関連筋群全般が予防・治療・訓練の対象として含まれており、実施手続きが規格化されている。したがって、評価結果で抽出された問題点に対応したMTPSSEの部位別トレーニングカテゴリー(大項目)から必要な課題(小項目)を選択し、規定された手続きに従って施行することで、誰でも適切に予防・治療プランを立案し、実施し、ある程度同一レベルの効果が期待できる(図51)。すべてのクライアントに常に一定水準のサービスを提供可能なシステムを構築することは言語聴覚療法の質を保証するための悲願であり、多くのブレイクスルーを経てここに完成した。

ただし、MTPSSEを用いる際には、一般のリハビリテーションと同様に個別性を重視して治療プランを立案する点に留意する必要がある(個別性の原則)。具体的な運用システムについてさらに詳しく解説すると、まず第一に、標準ディサースリア検査(Assessment of Motor Speech for Dysarthria: AMSD)の評価結果から主な問題点をリストアップする。第二に、治療プランを立案するために、リス

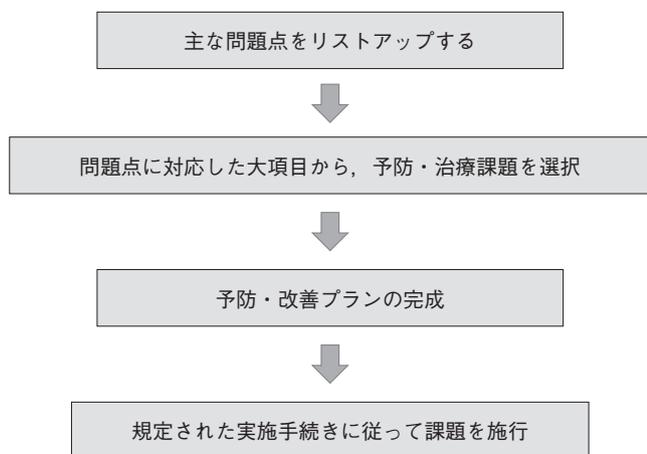


図 51 MTPSSE を用いたプログラムの立案の仕方と運用システム

トアップした問題点に対応した MTPSSE の大項目から、各大項目に含まれている課題（小項目）を選択する。こうして立案した予防・治療プランの妥当性をトライアルセラピーにより検討して、必要に応じて修正してプランを完成させ、規定された実施手続きに従って施行する。先に、図 48 に、MTPSSE における [I. 可動域拡大運動プログラム] と [II. レジスタンス運動プログラム] の「B. メイントレーニング」に含まれる大項目一覧を示したが、これらの大項目に含まれている課題（小項目）をすべて施行するのではない。これらの大項目は言わば「引き出し」のようなものであり、問題点に対応した「引き出し」から、適切なメニュー（小項目）を適宜選択して実施するのである。臨床経過に応じて、プランは適時修正する。MTPSSE ではしばしば多くの小項目（一般項目）に対して別法（別の実施の仕方）が添えて解説されていることに加えて、多様な advanced technique, ステップアップテクニク、スーパーテクニクなどの特殊項目が含まれている。選択枝が多く含まれていることにより、クライアントの好みや意欲、実施する環境、臨床家の力量など多様な条件に応じて実施方法を選択、変更することができる。

実際にプランを施行する際にも、個別性を重視する。たとえば、レジスタンストレーニングプログラムにおける舌筋の運動には、かなり多数の課題が含まれている。これらの多数の課題から、週ごとに実施する課題の組み合わせを変更し、より多様な手法を用いて偏りなく舌の筋力とパワーを強化するセットシステムを組むこともある（特異性の原理）。また、常に同じ手法を用いてトレーニングを行うよりも、定期的にプランを修正し、同じ筋群に対して異なる手法を用いてトレーニングを実施することで、トレーニングに変化が加わり、単調性とこれに伴う惰性化を回避することができる。これはトレーニングの継続性と意欲の持続に有利に働くとされ、アメリカスポーツ医学会でも推奨し

ている²¹⁹⁾。問題点が多数におよぶ場合、実施する筋群を 2 つまたは 3 つに分割し、各部位を異なる曜日に週 2、3 回ずつトレーニングすることもある（スプリットルーティン）。対象者をとりまく諸条件により、柔軟性をもって運用されたい。

こうした評価結果をまとめ、MTPSSE を用いて治療・指導プランを立案するスタイルは、今日医療の領域で標準的な記載法として広く普及している問題志向型診療記録、いわゆる POMR (problem-oriented medical record) に基づいた形式を用いるとよい。POMR では、①基礎情報、②問題点、③治療プラン、④臨床経過の 4 つに分けて記載するものである。その詳細は、成書^{191, 220, 221)}を参照されたい^{注 6)}。

POMR を用いると、円滑に評価結果から治療・指導プランの立案へと臨床作業を進めることができる。ここでいくつか留意すべき点について解説を加えておく。まず、MTPSSE では前述のように問題点に対応した大項目に含まれている一連の小項目および関連項目から適切な課題を選択するが、これらは機能的側面に対するトレーニングである。図 44, 45 に示したように、スキルの側面に対しては別途に治療計画を立案しなくてはならない。たとえば、ディサースリアに対しては発話速度の調節法や構音訓練、会話訓練などの活動制限レベルの治療が、嚥下障害に対しては直接訓練に加えて姿勢の調整や食物形態の調整などの代償法などの治療が不可欠である。

MTPSSE の運用システムについて理解を深めるために、表 3 に、具体例を簡略化して示した。症例は、脳血管障害（左被殻出血）により UUMN ディサースリアと嚥下障害を呈した 52 歳、男性である。重症度はいずれの障害も比較的軽度であった。主な問題点は右側の舌下神経麻痺と顔面神経麻痺であった。自動運動における可動域制限は認めず、筋力低下を認めた。したがって、右舌下神経麻痺に対しては、[II. レジスタンス運動プログラム] の「舌筋の運動」に含まれている諸課題から適宜妥当な課題を抜粋し、右顔面神経麻痺に対しては、[II. レジスタンス運動プログラム] の「顔面筋の運動」に含まれている諸課題から適宜妥当な課題を抜粋し、施行した。これが重度の麻痺で可動域制限が著しい症例であれば、可動域プログラムから抜粋する。

また、表 4 に、パーキンソン病に伴うサルコペニアにより軽度の嚥下障害を呈した 69 歳、女性の症例を提示した。主な問題点として、舌骨上筋群、舌、呼吸筋にそれぞれ筋

注 6)：臨床能力は、ICF と POMR の両者を運用する能力に依存する。ここで紹介した中でも、とりわけ、拙書「ケースで学ぶディサースリア」²²¹⁾は ICF と POMR に基いて包括的に妥当な臨床プランを立案し、実施する能力を養う上で参考となると思われる。

表3 症例1. 脳血管障害により軽度のディサースリアと嚥下障害を呈したケース

52歳, 男性	
医学的診断名: 左被殻出血	
言語病理学的診断名: UUMN ディサースリア, 摂食嚥下障害	
主な嚥下所見: 食塊の保持・移送困難(軽度)などの口腔期障害を認めた. 藤島式嚥下グレードは Gr. 7.	
主な問題点リスト	治療プラン
#1. 右舌下神経麻痺(軽度)	① 舌の筋力増強訓練 [II. レジスタンス運動プログラムの舌筋の運動より, 適宜実施する課題を抜粋]
#2. 右顔面神経麻痺(軽度)	② 顔面の筋力増強訓練 [II. レジスタンス運動プログラムの顔面筋の運動より, 適宜実施する課題を抜粋]

表4 症例2. パーキンソン病に伴うサルコペニアにより嚥下障害を呈したケース

69歳, 女性	
医学的診断名: パーキンソン病(Parkinson's disease: PD)	
言語病理学的診断名: 摂食嚥下障害	
主な嚥下所見: VFにて, 食道入口部の開大不全と咽頭残留を顕著に認めた. また, 舌の後方移動範囲の制限を認めた. 藤島式嚥下グレードは Gr. 8.	
主な問題点リスト	予防・改善プラン
#1. 舌骨上筋群の筋力低下(中等度)	① 舌骨上筋群の筋力増強訓練 [II. レジスタンス運動プログラムの舌骨上筋群の運動より, 適宜実施する課題を抜粋]
#2. 舌の筋力低下	② 舌の筋力増強訓練 [II. レジスタンス運動プログラムの舌筋の運動より, 適宜実施する課題を抜粋]
#3. 呼吸筋力低下(中等度)	③ 呼吸筋力増強訓練 [II. レジスタンス運動プログラムの呼吸筋の運動より, 適宜実施する課題を抜粋]

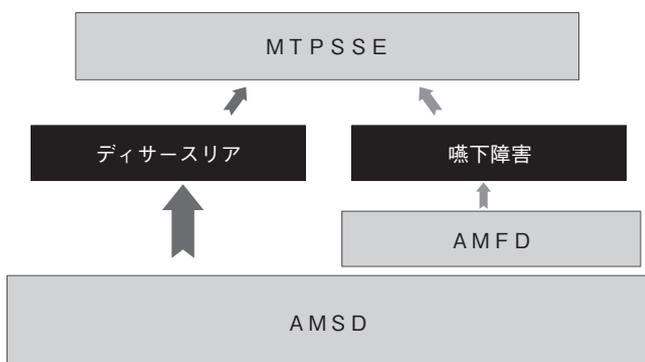


図52 評価から予防・治療に至るまでの発話と嚥下のハイブリッド・アプローチ・システム

力低下を認めたため, それぞれの [II. レジスタンス運動プログラム] の「舌骨上筋群の運動」, 「舌筋 (内舌筋, 外舌筋) の運動」, 「呼吸筋 (吸気筋, 呼気筋) の運動」に含まれている諸課題から適宜妥当なものを選択して, 予防・改善プランを作成し, 施行した. PDで廃用に伴うサルコペニアを認めた場合, 治療アプローチと障害の予防アプローチが同時並行的に施行されることは少なくない. 本例では, これに補足プログラムとして「嚥下をよくするポールエクササイズ (PEPIS)」⁷³⁾を加えた. パーキンソン病では PEPIS による姿勢の改善効果がしばしば顕著に認められる.

従来の臨床の問題点として, AMSD を施行した後で, 治療プランの立案が場当たり的であったり, 単調になりかね

ず, また, 治療の実施方法が臨床家によって異なるため, 臨床家によって効果が異なるという難点があったと思われる. これに対して MTPSSE を用いた臨床では部位別にトレーニングカテゴリーから, 問題点に対応した課題を選択し, 規格化された実施手続きに従って治療を施行するため, ある程度一定水準の効果が期待できる. すべてのクライアントが一定水準の同等の治療効果を得ることができるためには, 規格化された臨床プログラムが必要であり, こうした見解に立脚して7年におよぶ試行期間を経て MTPSSE を完成させた.

ここに至り, 発話と嚥下を共存させることを目的とした, 評価から治療に至るまである程度の一貫性を有するハイブリッド・アプローチ・システムが成立した (図52). その platform は AMSD であり, 標準化された検査バッテリーを適切に施行した評価結果によってこそ, MTPSSE の実用的価値が高まることを忘れてはならない. 検査とはモノサシであり, 拙劣なモノサシで測定すれば, 拙悪な臨床結果を招く治療計画しか立案できない. 残念ながら, 臨床におけるこの最初の段階で誤っている言語臨床家が少なくないことを指摘しておきたい.

最後に, 生の最中にある一人びとりのクライアントに臨床家が寄り添い, 「話すこと」と「食べること」の双方の能力を最大限度に向き合わせるべく, 本ハイブリッド・アプローチが存分に活用されることを願い, 筆を置く.

文 献

- 1) 平野 実：発語器官 speech organs の診方。聴覚言語障害, 3 : 137-146, 1974.
- 2) Hardcastle WJ : Physiology of speech production. Academic Press, 1976.
- 3) Kahane JC (西尾正輝訳) : 発話メカニズムの解剖と生理, インテルナ出版, 東京, 1998.
- 4) 澤島政行：発声発語器官の解剖生理学。医療言語聴覚士資格制度推進協議会講習会実務委員会(編)：言語聴覚療法の医学的基礎。協同医書出版社, 東京, 121-130 頁, 1990.
- 5) 廣瀬 肇：発音の生理的しくみ。宮地 裕, 他(編), 講座日本語と日本語教育第2巻日本語の音声・音韻(上), 明治書院, 東京, 64-84 頁, 1993.
- 6) 西村 剛：霊長類の音声器官の比較発達—ことばの系統発生。動物心理研, 60 : 49-58, 2010.
- 7) Fant G : Acoustic theory of speech production. Mouton De Gruyter, The Hague, 1960.
- 8) Chiba T, Kajiyama M : The Vowel : Its Nature and Structure. Tokyo-Kaiseikan Publishing, Tokyo, 1942.
- 9) Titze IR : Principles of Voice Production. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.
- 10) Stevens KN : Acoustic Phonetics. MIT Press, Cambridge, 1998.
- 11) Ball MJ : Phonetics for speech pathology (2nd ed), Whurr Publishers, London, 1993.
- 12) 西尾正輝：ディサースリアの基礎と臨床：理論編。インテルナ出版, 東京, 2006.
- 13) Hiiemae KM, Palmer JB, Medicis SW, et al : Hyoid and tongue surface movements in speaking and eating. Arch Oral Biol, 47 : 11-27, 2002.
- 14) Fitch WT, Hauser MD : Unpacking“honesty” : vertebrate vocal production and the evolution of acoustic signals. Simmons AM, Popper AN, Fay RR (eds), Acoustic communication, Springer-Verlag, New York, pp65-137, 2003.
- 15) Sibley CG, Comstock JA, Ahlquist JE : DNA hybridization evidence of hominoid phylogeny : a reanalysis of the data. J Mol Evol, 30 : 202-236, 1990.
- 16) Cheng Z, Ventura M, She X, et al : A genome-wide comparison of recent chimpanzee and human segmental duplications. Nature. 437 : 88-93, 2005.
- 17) Larson C : Neurophysiology of speech and swallowing. Logemann J (ed), Seminars in speech and language, pp275-290, Thieme-Stratton, 1985.
- 18) Gordon, C, Hewer, RL, Wade DT : Dysphagia in acute stroke. Br Med J, 295, 411-414, 1987.
- 19) Yorkston, KM, Honsinger MJ, Mitsuda P, et al : The relationship between speech and swallowing disorders in head-injured patients. J Head Trauma Rehabil, 4 : 1-16, 1989.
- 20) Nishio M, Niimi S : Relationship between speech and swallowing disorders in patients with neuromuscular disease. Folia Phoniater Logop, 56 : 291-304, 2004.
- 21) 西尾正輝, 星 研一, 桜井美和子, 他 : 嚥下障害を併発した Dysarthria の臨床的マネージメント。音声言語医学, 36 : 206-217, 1995.
- 22) Logemann JA, Veis S, Colangelo L : A screening procedure for oropharyngeal dysphagia. Dysphagia, 14 : 44-51, 1991.
- 23) 西尾正輝, 阿部尚子, 岡本卓也, 他 : 標準ディサースリア検査の嚥下障害への臨床的応用の試み : AMFD の開発。ディサースリア臨床研究, 6 : 4-10, 2016.
- 24) 岡本卓也, 西尾正輝 : フレイル・サルコペニアに伴う嚥下障害に対する嚥下運動機能検査 (AMFD) を軸とした摂食嚥下評価モデルの使用の試み。ディサースリア臨床研究, 8 : 89, 2018.
- 25) 渡邊大介, 西尾正輝 : フレイル・サルコペニアをとまなうパーキンソン病に対して「高齢者の摂食嚥下運動機能向上プログラム (MTPSE)」が奏功した一例。ディサースリア臨床研究, 7 : 8-21, 2017.
- 26) 渡邊大介, 西尾正輝 : プレフレイル・プレサルコペニアを伴う皮質性小脳萎縮症に対して「高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (MTPSSE)」が有効であった一例。ディサースリア臨床研究, 8 : 123-129, 2018.
- 27) Negus V : The Comparative anatomy and physiology of the larynx. William Heinemann Medical Books, London, 1949.
- 28) Proctor DF (原田康夫訳) : 呼吸, 発声, 歌唱。西村書店, 東京, 1980.
- 29) 加藤嘉太郎 : 家畜の解剖と生理 (改定版)。養賢堂, 東京, 1974.
- 30) 葉山杉夫 : ヒトの発声発語器官の起源。柴谷篤弘, 長野敬, 養老孟司(編)「講座 進化4」, 東京大学出版会, 東京, 1991.
- 31) 本多清志 : 発話器官の形態とその由来。信学技法, 93 : 15-22, 1993.
- 32) Medda BK, Kern M, Ren J, et al : Relative contribution of various airway protective mechanisms to prevention of aspiration during swallowing. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 284 : G933-G939, 2003.
- 33) König HE, Liebich HG (eds) : Veterinary anatomy of domestic mammals (3rd edition). Schattauer GmbH, NY, 2007.
- 34) 切替一郎 : 新耳鼻咽喉科学 (11 版)。南山堂, 東京, 2013.
- 35) 進 武幹 : 嚥下時の喉頭閉鎖。気食会報, 26 : 131-142, 1975.
- 36) Wind J : On the phylogeny and the ontogeny of the human larynx : a morphological and functional study. Wolters-Noordhoff publishing, Groningen, 1970.
- 37) 西村 剛 : 嚥下と話しことばの進化。J Bio-Integ, 6 : 27-30, 2016.
- 38) 木村有紀 : 人類誕生の考古学。同成社, 東京, 2001.
- 39) Caspari R, Wolpoff M : Race and Human Evolution. Simon & Schuster, New York, 1997.
- 40) Stringer C, Robin M : African Exodus : The Origins of Modern Humanity. Henry Holt and Company, New York, 1996.
- 41) Ingman M, Kaessmann H, Pääbo S, et al : Mitochondrial genome variation and the origin of modern humans. Nature, 408 : 708-713, 2000.
- 42) Stringer C : Modern human origins: progress and prospects. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 357 : 563-579, 2002.
- 43) McDougall I, Brown FH, Fleagle JG. : Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia. Nature. 433 : 733-736, 2005.
- 44) 内田亮子 : 人類はどのように進化したか。勁草書房, 東京, 2007.
- 45) Reich D : Who We Are and How We Got Here. Brockman Inc, USA, 2018.
- 46) 馬場悠男 (監修) : NHK スペシャル 人類誕生。学研プラス, 東京, 2018.
- 47) 岩堀修明 : 図解・内臓の進化。講談社, 東京, 2014.
- 48) Kent GC, Carr RK : Comparative anatomy of the vertebrates (9th edition). McGraw-Hill Inc, 2001.

- 49) 養老猛司：ヒトの見方。筑摩書房，東京，1985。
- 50) Webster D, Webster M：Comparative Vertebrate Morphology. Geniza, 1974.
- 51) 田窪行則，前川喜久雄，窪菌晴夫，他：岩波講座 言語の科学「2. 音声」，岩波書店，東京，1998。
- 52) Evans HE：Miller's Anatomy of the Dog, 4th Edition. Elsevier Canada, 2013.
- 53) 亀田和夫：声と言葉のしくみ。口腔保健協会，東京，1986。
- 54) Laitman JT, Reidenberg JS：Specialization of the human upper respiratory and upper digestive system as seen through comparative and developmental anatomy. *Dysphasia*, 8：318-325, 1993.
- 55) Lenneberg EH：Biological foundation of language. John Wiley & Sons Inc, 1967.
- 56) 小川鼎三，山田英智，養老猛司：解剖学 第3巻（第11版）。金原出版，東京，1982。
- 57) Fitch WT：The evolution of speech：a comparative review. *Trends in Cognitive Sciences*, 4：258-267, 2000.
- 58) Budras K, McCarthy：Anatomy of the dog：An illustrated text (fourth edition). Schlütersche, Hannover, 2002.
- 59) Borden GJ, Harris KS：Speech science primer：physiology, acoustics, and perception of speech. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1984.
- 60) Budras K, Greenough PR, Habel RE, Mülling CKW：Bovine anatomy：an illustrated text, (Second, extended edition). Schlütersche, Hannover, 2011.
- 61) Poynton SL, Whitaker BR, Heinrich AB：A novel trypanoplasm-like flagellate *Jarrellia atramenti* n. g., n. sp. (Kinetoplastida: Bodonidae) and ciliates from the blowhole of a stranded pygmy sperm whale *Kogia breviceps* (Physeteridae)：morphology, life cycle and potential pathogenicity. *Dis Aquat Organ*, 44：191-201, 2001.
- 62) Varela RA, Schmidt K, Goldstein JD, et al：Evaluation of cetacean and sirenian cytologic samples. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*. 10：79-130, 2007.
- 63) 豊住頼一：哺乳動物における嗅覚，呼吸，嚥下に関する比較研究。耳鼻，25：29-37, 1979。
- 64) Sasaki CT, Levine PA, Laitman JT, Crelin ES：Postnatal descent of the epiglottis in man：a preliminary report. *Arch Otolaryngol*, 103：169-171, 1977.
- 65) Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM：Gray's anatomy for students (third edition), 2005.
- 66) 本多清志：声の高さを調節する生体機構。喉頭，8：109-115, 1996。
- 67) 横井茂夫：口腔機能の発達からみた哺乳・離乳・嚥下。日気食会報，49：405-410, 1998。
- 68) 奈良貴史：ネアンデルタール人類のなぞ。岩波書店，東京，2003。
- 69) Negus VE：The Function of the Epiglottis. *J Anat*, 62：1-8, 1927.
- 70) Swenson MJ（今道友則訳）：デュークス生理学 上巻，学窓社，東京，1990。
- 71) 岩堀修明：図解・感覚器の進化。講談社，東京，2011。
- 72) 三枝英人：舌骨上筋群の解剖。耳展，53：246-253, 2010。
- 73) 西尾正輝：不良姿勢に伴う嚥下機能低下の予防・改善プログラム：嚥下をよくするポールエクササイズ (PEPIS)。ティサースリア臨床研究，8：98-114, 2018。
- 74) Perlman AL, VanDaele DJ, Otterbacher MS：Quantitative assessment of hyoid bone displacement from video images during swallowing. *J Speech Hear Res*, 38：579-585, 1995.
- 75) Van Daele DJ, Perlman AL, Cassell MD：Intrinsic fibre architecture and attachments of the human epiglottis and their contributions to the mechanism of deglutition. *J Anat*, 186：1-15, 1995.
- 76) Murray J：Manual of Dysphagia Assessment in Adults. Singular Publication Group Inc, San Diego, CA, 1999.
- 77) Fink BR, Martin RW, Rohrmann CA：Biomechanics of the human epiglottis. *Acta Otolaryngol*, 87：554-559, 1979.
- 78) 西村 剛：呼吸，嚥下，そして発話の進化。石田英實，中務真人，萩原直道（編），人類学と霊長類学の新展開，金星舎，京都，63-68頁，2002。
- 79) 岩淵悦太郎，波多野完治，内藤寿七郎，他：ことばの誕生。NHK出版，東京，1968。
- 80) 山田宗睦：口は何のためにあるか，風人社，東京，1994。
- 81) Teramoto S, Fukuchi Y, Sasaki H, et al：Japanese Study Group on Aspiration Pulmonary Disease：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.
- 82) Lieberman D：The story of the human body. Brockman Inc, New York, 2014.
- 83) 設楽哲也：耳鼻咽喉科領域における年齢変化。世紀社出版，東京，1980。
- 84) 藤井 航：高齢者の咀嚼嚥下。馬場 尊，才藤栄一（編）：摂食・嚥下障害リハビリテーション，新興医学出版，東京，41-44頁，2008。
- 85) マサイキリン「ナナコ」の死因について。http://www.city.sapporo.jp/zoo/topics2-834.html：2018年8月2日アクセス。
- 86) Christian D（株式会社オフィス宮崎訳）：ピックヒストリー大図鑑。河出書房，東京，2017。
- 87) Laitman JT：The evolution of the hominid upper respiratory system and implications for the origins of speech. de Grolier E (ed)：Glossogenetics. The origin and evolution of language. Harwood Academic Press, Paris, pp63-90, 1983.
- 88) Lieberman PH, Klatt DH, Wilson WH：Vocal tract limitations on the vowel repertoires of rhesus monkey and other nonhuman primates. *Science*, 164：1185-1187, 1969.
- 89) Lieberman P, Laitman JT, Reidenberg JS, et al：The anatomy, physiology, acoustics and perception of speech：essential elements in analysis of the evolution of human speech. *J Hum Evol*, 23：447-467, 1992.
- 90) Lieberman P, Crelin ES：On the speech of Neanderthal man. *Linguistic Inquiry*, 2：203-222, 1971.
- 91) Lieberman P, Crelin ES, Klatt DH：Phonetic ability and related anatomy of the newborn and adult human, Neanderthal man, and the chimpanzee. *Am Anthropol*, 74：287-307, 1972.
- 92) Lieberman P：On the origins of language：An introduction to the evolution of human speech. Series in physical anthropology, Macmillan, New York, 1975.
- 93) Laitman JT, Heimbuch RC, Crelin ES：The basicranium of fossil hominids as an indicator of their upper respiratory system. *Am J Phys Anthropol*, 51：15-34, 1979.
- 94) Laitman JT, Heimbuch RC：The basicranium of pliopleistocene hominids as an indicator of their upper respiratory systems. *Am J Phys Anthropol*, 59：323-343, 1982.
- 95) Carlisle RC, SIEGEL MI：Some problems in the interpretation of Neanderthal speech capabilities：a reply to Lieberman. *Am Anthropol*, 76：319-325, 1974.
- 96) Falk D：Comparative anatomy of the larynx in man and

- the chimpanzee : implications for language in Neanderthal. *Am J Phys Anthropol*, 43 : 123-132, 1975.
- 97) Duchin LE : The evolution of articulate speech : comparative anatomy of the oral cavity in Pan and Hpmo. *J Hum Evol*, 19 : 687-697, 1990.
- 98) Frayer DW : On Neanderthal crania and speech : response to Lieberman. *Current Anthropology*, 34 : 721, 1993.
- 99) Houghton P : Neanderthal supralaryngeal vocal tract. *Am J Phys Anthropol*, 90 : 139-146, 1993.
- 100) Boë L-J, Honda K, Maeda S : The potential Neanderthal vowel space was as large as that of modern humans. *Journal of Phonetics*, 30 : 465-484, 2002.
- 101) Arensburg B, Tiller AM, Vandermeersch B, et al : A middle Palaeolithic human hyoid bone. *Nature*, 338 : 758-760, 1989.
- 102) Arensburg B, Schepartz LA, Tillier AM, et al : A reappraisal of the anatomical basis for speech in Middle Palaeolithic hominids. *Am J Phys Anthropol*, 83 : 137-146, 1990.
- 103) Martinez I, Arsuaga JL, Quam R, et al : Human hyoid bones from the middle Pleistocene site of the Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). *J Hum Evol*, 54 : 118-124, 2008.
- 104) 葉山杉夫 : 霊長類の喉頭嚢について. *人類学誌*, 78 : 274-298, 1970.
- 105) 葉山杉夫, 岡本 勉, 古山修一, 他 : 霊長類における舌骨装置と喉頭に関する比較形態学的研究 1. 底舌骨の計測法による観察. *重井医学年報*, 4 : 73-88, 1982.
- 106) 西村 剛 : 話しことばの起源と霊長類の音声—古人類学と生物音響学—. *Anthropological Science (Japanese Series)*, 116 : 1-14, 2008.
- 107) Lieberman P, Laitman JT, Reidenberg JS, et al : Folk psychology and talking hyoid. *Nature*, 342 : 486-487, 1989.
- 108) 河合信和 : ホモサピエンスの誕生. 同成社, 東京, 2007.
- 109) Zimmer C, Emlen DJ : Evolution : Making Sense of Life (Second edition). Roberts & Company, Calgary, 2015.
- 110) Krings M, Stone A, Schmitz RW, et al : Neanderthal DNA sequences and the origin of modern humans. *Cell*, 90 : 19-30, 1997.
- 111) Green RE, Krause J, Briggs AW, et al : A draft sequence of the Neanderthal genome. *Science*, 328 : 710-722, 2010.
- 112) Prüfer K, Racimo F, Patterson N, et al : The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains. *Nature*, 505 : 43-49, 2014.
- 113) Sankararaman S, Mallick S, Dannemann M, et al : The genomic landscape of Neanderthal ancestry in present-day humans. *Nature*, 507 : 354-357, 2014.
- 114) Roche AF, Barkla DH : The level of the larynx during childhood. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 74 : 645-654, 1965.
- 115) Westhorpe RN : The position of the larynx in children and its relationship to ease of intubation. *Anaesth Intensive Care*, 15 : 384-388, 1987.
- 116) Lieberman DE, McCarthy RC, Hiiemae KM, et al : Ontogeny of postnatal hyoid and larynx descent in humans. *Ach Oral Biol*, 46 : 117-128, 2001.
- 117) Vorperian HK, Kent RD, Gentry LR, et al : Magnetic resonance imaging procedures to study the concurrent anatomic development of vocal tract structures : preliminary results. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 49 : 197-206, 1999.
- 118) Vorperian HK, Kent RD, Lindstrom MJ, et al : Development of vocal tract length during early childhood : a magnetic resonance imaging study. *J Acoust Soc Am*, 117 : 338-350, 2005.
- 119) Kelemen G : Comparative anatomical studies on the junction of larynx and resonant tube. *Acta Oto-Laryng*, 26 : 276-283, 1938.
- 120) Kelemen G : The anatomical basis of phonation in the chimpanzee. *J Morphol*, 82 : 229-256, 1948.
- 121) 藤田恒太郎 : 人体解剖学 (改訂第41版). 南江堂, 東京, 1993.
- 122) 栗田二郎 : 進化生物学入門. 講談社, 東京, 2013.
- 123) 藍 尚禮 : 人間生物学への基礎. 朝倉書店, 東京, 1980.
- 124) Leroi-Gourhan A (Translated by A B Berger) : *Gesture and Speech*. MIT Press, Cambridge, 1993.
- 125) Le Gros Clark WE (金井塚務, 香原志勢訳) : 霊長類の進化. どうぶつ社, 東京, 1983.
- 126) 後藤仁敏 : 人類の歯の進化. 後藤仁敏, 大泰司紀之, 田畑純, 花村 肇, 佐藤 巖 (編集) : 歯の比較解剖学. 医歯薬出版, 東京, 222-242 頁, 2014.
- 127) Falk D, Redmond JC Jr, Guyer J, et al : Early hominid brain evolution: a new look at old endocasts. *J Hum Evol*, 38 : 695-717, 2002.
- 128) Carlson KJ, Stout D, Jashashvili T, et al : The endocast of MH1, *Australopithecus sediba*. *Science*, 333 : 1402-1407, 2011.
- 129) Barton RA, Venditti C : Human frontal lobes are not relatively large. *Proc Natl Acad Sci*, 110 : 9001-9006, 2013.
- 130) 窪田金治郎 : 舌の研究 (2). *自然*, 20 (5) : 40-47, 1965.
- 131) 天野 修 : 舌の不思議. *小児歯科臨床*, 21 : 18-26, 2016.
- 132) 大塚則久 : 「退化」の進化学. 講談社, 2006.
- 133) 竹本浩典 : 舌変形が生み出す音声の共通性と個人性. *ディサースリア臨床研究*, 6 : 41-46, 2016.
- 134) 西村 剛 : 化石から探る話しことばの起源. *生物科学*, 65 : 236-244, 2014.
- 135) Zemlin WR : *Speech and hearing science anatomy and physiology (4th Edition)*. Allyn and Bacon, Boston, 1998.
- 136) Doran GA : Review of the evolution and phylogeny of the mammalian tongue. *Acta Anat (Basel)*, 91 : 118-129, 1975.
- 137) Hiiemae KM, Palmer JB : Tongue movements in feeding and speech. *Crit Rev Oral Biol Med*, 14 : 413-429, 2003.
- 138) Takemoto H : Morphological analyses of the human tongue musculature for three-dimensional modeling. *J Speech Lang Hear Res*, 44 : 95-107, 2001.
- 139) Takemoto H, Honda K, Masaki S, et al : Measurement of the temporal changes in vocal tract area function from 3D cine-MRI data. *J Acoust Soc Am*, 119 : 1037-1049, 2006.
- 140) Takemoto H : Morphological analyses and 3D modeling of the tongue musculature of the chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Am J Primatol*, 70 : 966-975, 2008.
- 141) 本多清志 : 音声言語の生成—形態と機能の考察—. *BME*, 7 (8) : 2-10, 1993.
- 142) Lieberman P : *The Biology and Evolution of Language*. Harvard University Press, Cambridge, 1984.
- 143) Jurgens U : Neural pathways underlying vocal control. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26 : 235-258, 2002.
- 144) Fitch WT : *The evolution of language*. Cambridge University Press, Cambridge, 2010.
- 145) 松沢哲郎 : 心の進化をさぐる—はじめての霊長類学. NHK出版, 東京, 2017.
- 146) Corbin-Lewis K, Liss JM, Sciortno KL : *Clinical anatomy*

- and physiology of the swallow mechanism. Thomson Delmar Learnig, 2005.
- 147) Murry T, Carrau RL : Clinical management of swallowing disorders (Second Edition). Plural Publishing Inc, 2001.
 - 148) Robbins SD : Dysarthria and its treatment. J Speech Disord, 5 : 113-120, 1940.
 - 149) Baker EE Jr, Sokoloff MA : Therapy for speech deficiencies resulting from acute bulbar poliomyelitis infection. J Speech Hear Disord, 16 : 337-339, 1951.
 - 150) Froeschels EA : Contribution to the pathology and therapy of dysarthria due to certain cerebral lesions. J Speech Disord, 8 : 301-321, 1943.
 - 151) Froeschels E : Chewing method as therapy. AMA Arch Otolaryngol, 56 : 427-434, 1952.
 - 152) Froeschels E, Kastein S, Weiss DA : A method of therapy for paralytic conditions of the mechanisms of phonation, respiration, and glutination. J Speech Hear Disord, 20 : 365-370, 1955.
 - 153) Morley DE : The rehabilitation of adults with dysarthric speech. J Speech Hear Disord, 20 : 58-64, 1955.
 - 154) Logemann JA : Evaluation and treatment of swallowing disorders. Pro-ED, 1983.
 - 155) Logemann JA : Evaluation and treatment of swallowing disorders (Second Edition). Pro-Ed, 1998.
 - 156) Kisner C, Colby LA, Borstad J : Therapeutic exercise : foundations and techniques (7th Edition). The F.A. Davis Company, Philadelphia, Pennsylvania, 2018.
 - 157) Taylor AW, Johnson MJ : Physiology of exercise and healthy aging. Human Kinetics, Champaign, 2007.
 - 158) Yorkston KM : Treatment efficacy: dysarthria. J Speech Hear Res, 39 : S46-S57, 1996.
 - 159) Hustad, KC, Beukelman DR, Yorkston KM : Functional outcome assessment in dysarthria. Semin Speech Lang, 19 : 291-302, 1998.
 - 160) Yorkston KM, Spencer KA, Duffy JR, et al : Evidence-based practice guidelines for dysarthria : management of velopharyngeal function. J Med Speech Lang Pathol, 9 : 257-273, 2001.
 - 161) Yorkston KM, Spencer KA, Duffy JR, et al : Evidence-based medicine and practice guidelines : application to the field of speech-language pathology. J Med Speech Lang Pathol, 9 : 243-256, 2001.
 - 162) Yorkston, KM, Spencer KA, Duffy JR : Behavioral management of respiratory / phonatory dysfunction from dysarthria : a systematic review of the evidence. J Med Speech Lang Pathol, 11 : xiii-xxxviii, 2003.
 - 163) Sellars C, Hughes T, Langhorne P : Speech and language therapy for dysarthria due to non-progressive brain damage : a systematic cochrane review. Clin Rehabil, 16 : 61-38, 2002.
 - 164) Spencer KA, Yorkston KM, Duffy JR : Behavioral management of respiratory / phonatory dysfunction from dysarthria : a flowchart for guidance in clinical decision-making. J Med Speech Lang Pathol, 11 : xxxix-lxi, 2003.
 - 165) Duffy JR, Yorkston KM : Medical interventions for spasmodic dysphonia and some related conditions : a systematic review. J Med Speech Lang Pathol, 11 : ix-lviii, 2003.
 - 166) Frattali C, Bayles KA, Beeson P, et al : Development of evidence-based practice guidelines : Committee update. J Med Speech Lang Pathol, 11 : ix-xvii, 2003.
 - 167) Hanson EK, Yorkston KM, Beukelman DR : Speech supplementation techniques for dysarthria : a systematic review. J Med Speech Lang Pathol, 12 : ix-xxix, 2004.
 - 168) Baylor CR, Yorkston KM, Eadie TL, et al : A systematic review of outcome measurement in unilateral vocal fold paralysis. J Med Speech Lang Pathol, 14 : xxvi-lviii, 2006.
 - 169) 西尾正輝, 田中康博, 阿部尚子, 他 : Dysarthria の言語治療成績. 音声言語医学, 48 : 215-224, 2007.
 - 170) Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al : Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. N Engl J Med, 330 : 1769-1775, 1994.
 - 171) Taaffe DR, Duret C, Wheeler S, et al : Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. J Am Geriatr Soc, 47 : 1208-1214, 1999.
 - 172) Roth SM, Ivey FM, Martel GF, et al : Muscle size responses to strength training in young and older men and women. J Am Geriatr Soc, 49 : 1428-1433, 2001.
 - 173) Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM : Effects of resistance training on older adults. Sports Med, 34 : 329-348, 2004.
 - 174) Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, et al : A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. Am J Physiol Endocrinol Metab, 291 : E381-E387, 2006.
 - 175) Peterson MD, Rhea MR, Sen A, et al : Resistance exercise for muscular strength in older adults : a meta-analysis. Ageing Res Rev, 9 : 226-237, 2010.
 - 176) Peterson MD, Sen A, Gordon PM : Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. Med Sci Sports Exerc, 43 : 249-258, 2011.
 - 177) Brose A, Parise G, Tarnopolsky MA : Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 58 : 11-19, 2003.
 - 178) Kim HK, Suzuki T, Saito K, et al : Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women : a randomized controlled trial. J Am Geriatr Soc, 60 : 16-23, 2012.
 - 179) Denison HJ, Cooper C, Sayer AA, et al : Prevention and optimal management of sarcopenia : a review of combined exercise and nutrition interventions to improve muscle outcomes in older people. Clin Interv Aging, 11 : 859-869, 2015.
 - 180) Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM, et al : Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults : a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). Age Ageing, 43 : 748-759, 2014.
 - 181) Lozano-Montoya I, Correa-Pérez A, Abraha I, et al : Non-pharmacological interventions to treat physical frailty and sarcopenia in older patients : a systematic overview - the SENATOR Project ONTOP Series. Clin Interv Aging, 24 : 721-740, 2017.
 - 182) Evans W : Functional and metabolic consequences of sarcopenia. J Nutr, 127 (5 Suppl) : 998S-1003S, 1997.
 - 183) Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, et al : High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. JAMA, 263 : 3029-3034, 1990.
 - 184) WHO : Global Recommendations on Physical Activity for

- Health. WHO, 2010.
- 185) Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, et al : Lancet Physical Activity Series Working Group : Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide : an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*, 380 : 219-229, 2012.
- 186) The 3rd International Congress of Physical Activity and Public Health : Toronto Charter for Physical Activity 2010. <http://www.globalpa.org.uk/pdf/torontocharter-japanese-20may2010.pdf>
- 187) 厚生労働省 : 健康づくりのための身体活動基準 2013. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html> : 2016年5月18日アクセス.
- 188) Netsell R, Rosenbek J : Treating the dysarthrias. Darby J (ed), *Speech and language evaluation in neurology*, Grune and Stratton, pp362-392, 1985.
- 189) Yorkston KM, Beukelman DR, Bell KR : Clinical management of dysarthric speakers. Pro-ED, 1988.
- 190) 西尾正輝 : ディサースリアの基礎と臨床 第3巻 臨床実用編. インテルナ出版, 東京, 2006.
- 191) 西尾正輝 : ディサースリア臨床標準テキスト. 医歯薬出版, 東京, 2007.
- 192) Yorkston KM, Spencer K, Beukelman D, et al : Practice Guidelines for Dysarthria : Evidence for the Effectiveness of Management of Velopharyngeal Function. Technical Report Number 1, Academy of Neurologic Communication Disorders and Sciences. <http://www.ncnds.org/>, 2006.
- 193) Dworkin, JR, Johns DF : Management of velopharyngeal incompetence in dysarthria : A historical review. *Clin Otolaryngol*, 5 : 61, 1980.
- 194) Noll JD : Remediation of impaired resonance among patients with neuropathologies of speech. Lass N, McReynolds L, Northern J, et al (eds), *Speech language and hearing : Vol. 3 : Pathologies of speech and language*, Saunders, Philadelphia, pp556-571, 1982.
- 195) McWilliams BJ, Morris HL, Shelton R : *Cleft palate speech (Second Edition)*, B.C.Decker Inc, 1990.
- 196) Kuehn DP, Moon JB : Levator veli palatini muscle activity in relation to intraoral air pressure variation. *J Speech Hear Res*, 37 : 1260-1270, 1994.
- 197) Brookshire RH : *An introduction to neurogenic communication disorders*. Mosby, St Louis, 1992.
- 198) Freed, DB : *Motor Speech Disorders : Diagnosis and Treatment*. Singular Pub Group, 2000.
- 199) Yorkston KM, Beukelman DR, Strand EA, et al : *Management of motor speech disorders in children and adults (3rd edition)*, Pro-ED, 2010.
- 200) Duffy JR : *Motor speech disorders (3rd edition)*. Mosby, 2013.
- 201) Kuehn DP : New therapy for treating hypernasal speech using continuous positive airway pressure (CPAP). *Plast Reconstr Surg*, 88 : 959-969, 1991.
- 202) Kuehn DP, Moon JB : Levator veli palatini muscle activity in relation to intraoral air pressure variation. *J Speech Hear Res*, 37 : 1260-1270, 1994.
- 203) Kuehn DP, Wachtel JM : CPAP therapy for treating hypernasality following closed head injury. Till JA, Yorkston KM, Beukelman DR (eds), *Motor speech disorders : Advances in assessment and treatment*, Brookes, Baltimore, pp207-212, 1994.
- 204) Kuehn DP, Imrey PB, Tomes L, et al : Efficacy of continuous positive airway pressure for treatment of hypernasality. *Cleft Palate Craniofac J*, 39 : 267-276, 2002.
- 205) 原 久永, 館村 卓, 高 英保, 他 : 持続的鼻腔内陽圧負荷装置を用いた鼻咽腔閉鎖機能賦活法 (CPAP療法) の nasalance による評価. *日口蓋誌*, 23 : 28-35, 1998.
- 206) 西尾正輝 : 慢性疾患の障害モデルに基づいた Dysarthria のスピーチ・リハビリテーション. *音声言語医学*, 34 : 402-416, 1993.
- 207) 濱村真理, 小野高裕, 野首孝嗣, 他 : 補綴装置とバイオフィードバック法を用いた会話明瞭度が改善した dysarthria の1例. *音声言語医学*, 45 : 276-282, 2004.
- 208) 福永真哉, 森 希望, 仲野里香, 他 : 鼻咽腔閉鎖感覚の運動訓練を中心としたアプローチで鼻咽腔閉鎖不全が改善した痙性ディサースリアの1例. *ディサースリア臨床研究*, 3 : 21-25, 2013.
- 209) WHO : *International classification of functioning, disability and health*, 2001.
- 210) Yorkston KM, Spencer KA, Beukelman D, et al : Practice Guidelines for Dysarthria : Evidence for the effectiveness of Management of Velopharyngeal Function : Technical Report 1, Academy of Neurologic Communication Disorders and Sciences. <http://www.ncnds.org/>, 2002.
- 211) Spencer KA, Yorkston KM, Beukelman D, et al : Practice Guidelines for Dysarthria : Evidence for the Behavioral Management of the Respiratory/Phonatory System : Technical Report Number 3, Academy of Neurologic Communication Disorders and Sciences. <http://www.ncnds.org/>, 2006.
- 212) Enderby P, John A : *Therapy Outcome Measures : Speech-Language Pathology*. Singular Publishing Group Inc, 1997.
- 213) Skeat J, Perry A : Outcome measurement in dysphagia : not so hard to swallow. *Dysphagia*, 20 : 390-399, 2005.
- 214) Perry A, Morris M, Unsworth C, et al : Therapy outcome measures for allied health practitioners in Australia : the AusTOMs. *Int J Qual Health Care*, 16 : 285-291, 2004.
- 215) 西尾正輝 : 小児の摂食・嚥下リハビリテーションにおける最近の国際的動向 (総説). *日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌*, 12 : 11-19, 2008.
- 216) 大藏倫博 : 運動機能を改善させるために必要な運動生理学—筋力向上の観点から—. *ディサースリア臨床研究*, 8 : 49-54, 2018.
- 217) 西尾正輝 : 感覚刺激を活用した新たな運動療法手技の開発 : シールマーカー法と舌圧子保持法. *ディサースリア臨床研究*, 8 : 134-141, 2018.
- 218) 福岡達之, 西尾正輝 : 舌骨上筋群に対するレジスタンストレーニング—舌骨運動への新たな訓練手技「Nishio マニユーパー」の紹介—. *ディサースリア臨床研究*, 8 : 130-133, 2018.
- 219) American college of sports medicine : *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (10th edition)*. Wolters Kluwer, 2018.
- 220) 西尾正輝 : ディサースリアの基礎と臨床 第2巻臨床基礎編. インテルナ出版, 東京, 2006.
- 221) 西尾正輝 : ケースで学ぶディサースリア. インテルナ出版, 東京, 2008.