

特集 発声発語器官の最新の知見

ヒト舌筋の舌内走行と神経支配

総説▶

三枝英人

Hideto Saigusa

要旨 舌は生命維持とともにヒトの QOL を担う豊かな機能を有する存在である。今まで、すべての舌筋は後頭体節に由来し、舌下神経で支配されると信じられてきた。最近、私たちが行ってきたヒト舌の連続大切片による観察、神経線維解析の結果、ヒト舌は後頭体節由来の筋群と鰓弓由来の筋群とで複合的に構成されたものであることが明らかになった。これらの結果を紹介するとともに、各舌筋の作用について考察する。

キーワード▶ 舌筋, 舌下神経, 三叉神経運動根, 舌咽神経茎突咽頭筋枝, 鰓弓

I. はじめに

舌は骨格筋である4つの外舌筋（オトガイ舌筋、茎突舌筋、舌骨舌筋、口蓋舌筋）と、4つの内舌筋（上縦舌筋、下縦舌筋、垂直舌筋、横舌筋）とで構成される、いわば骨格筋の塊のごとき存在である。舌筋は通常の骨格筋とは異なる風変わりな特徴を有している。通常、骨格筋は原則として関節を越えて2つの骨もしくは軟骨に起始と停止を有し、その収縮により関節の運動を行うものである。しかし、外舌筋は起始が舌外の骨に付着するものの、停止は舌内で終わる、内舌筋は起始・停止ともに舌内にあるという特異な走行様式を有している¹⁾。また、各舌筋は舌内で互いに複雑な位置関係をもって存在している。人体の運動は、たとえどんなに単純なものであっても実際には1つの筋だけの作用によるものではなく、同じ収縮方向に作用するいくつかの協力筋と、その反対方向に働く拮抗筋とにより構成されるものであるが、舌内における舌筋の特異な走行のため、どの舌筋が互いに協力筋であり、拮抗筋であるのかはいまだに明らかになっていない。

教科書的には、口蓋舌筋（舌の後側方に付着するが舌筋というより軟口蓋に属する筋である）を除くすべての外・内舌筋は、舌下神経で支配され、舌下神経は四肢の骨格筋を支配する脊髄神経が脳幹内に取り込まれたと考えられることから、「ノドから手が出るほど欲しい」という言葉の表現は、それを端的に示したものであるというもっともらしい説明がなされてきた。発生学的には、舌筋は胎生6週目頃に出現するが、それ以降の各舌筋の発生はいまだ明らかになっていない。すなわち、口腔～咽頭を分化させる

鰓弓領域の中に、いかに後頭体節由来の脊髄神経支配の筋が入り込んだのか、また、舌表面の知覚・味覚については前2/3は第1鰓弓神経である三叉神経、後ろ1/3は第3鰓弓神経である舌咽神経が支配するものの、第1・3鰓弓由来の鰓弓筋は全く舌筋形成に関与していないのかは永い間、疑問であり、永らく「第2～5後頭体節の筋芽細胞は前方に遊走し、外舌筋および内舌筋を形成すると信じられている²⁾」と記載されていた。最近の記載でも、“*Some of the muscles probably differentiated in situ, but most are derived from myoblasts originating in occipital somites*”にとどまっている³⁾。各舌筋の走行、神経支配の詳細がわからなければ、各舌筋の運動機能もわからない。このことが、舌運動障害が関与する構音障害や嚥下障害に対する有効なりハビリテーション手技が、いまだに確立されていないという現状の主要因であろうとも考えられる。

ところで、骨格筋において、神経と筋の体節的な支配関係は生涯不変であり、たとえその筋の現在ある場所がかけ離れた場所であっても神経と筋の支配関係は維持されるという重要な法則がある。たとえば、横隔膜は胸郭の下方で胸腔と腹腔を仕切る筋であり、肋間筋と共同で呼吸運動を担う筋であるが、肋間筋群が胸髄神経支配であるのに対して、横隔膜は第4頸髄神経支配である。すなわち、胎生期には横隔膜は頸部領域にあり、肺の膨張、心臓の下降、食道の伸長に伴い胸郭下方に引きずりおろされた頸部の体節筋であったことがわかる。このように各舌筋の神経支配の詳細を明らかにし、各舌筋の舌内走行を明らかにすることで、各舌筋の発生学的背景と運動機能について考察することが可能となる。本項では、著者がいままでに行ってきたヒト舌筋の解剖学的研究の成果につき紹介する。

東京女子医科大学八千代医療センター耳鼻咽喉科・小児耳鼻咽喉科

[連絡先] 三枝英人：東京女子医科大学八千代医療センター耳鼻咽喉科・小児耳鼻咽喉科（〒276-8524 千葉県八千代市大和田新田477-96）

TEL：047-450-6000 FAX：047-458-7047 E-mail：s-hideto@nms.ac.jp

受稿日：2016年10月12日 受理日：2016年10月13日

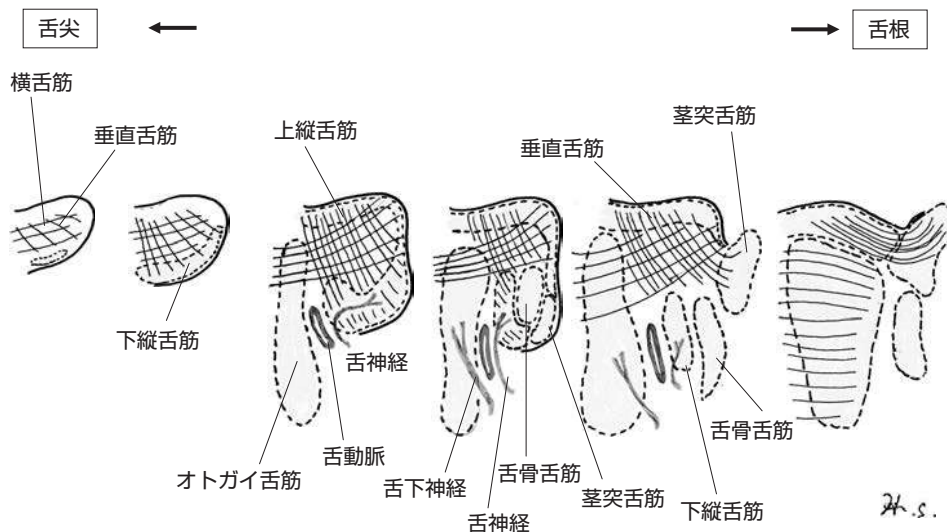


図1 ヒト舌の冠状断連続切片の模式図

II. ヒト舌筋の肉眼解剖と舌下神経の走行

舌下神経の走行を追跡し、その分枝を追跡していくと、舌骨の上外方で甲状舌骨筋（舌骨下筋群に分類されているも、喉頭挙上筋である）に分枝を出し、舌骨上方で舌骨舌筋の上面にいたる。舌骨舌筋に数本の分枝を出す前に、上後方へ向かって茎突舌筋へ分枝を、前下方へ向かってオトガイ舌筋に分枝を出す。その後、舌骨舌筋へ分枝を送りつつオトガイ舌筋の前側方にいたり、ここで下顎骨内側のオトガイ隆起から扇形に広がる最大の舌筋であるオトガイ舌筋へ分枝を出す⁴⁾。その先の神経支配は、舌下神経がオトガイ舌筋内に分枝しながら入り込むため肉眼解剖では判別できない。教科書には、そのまま舌下神経は舌内を走行しすべての舌筋、すなわち内舌筋をも支配すると記載されているが、それを具体的に示した記載や図は見当たらない。しかし、少なくとも茎突舌筋、舌骨舌筋、オトガイ舌筋という3つの外舌筋は正真正銘の舌下神経支配の筋であるといえる。

では、内舌筋の神経支配はどうなっているのであろうか？ その前に内舌筋を含め、各舌筋が舌内でどのように走行しているのかを確認する必要がある。そこで、ヒト舌の連続切片から各舌筋の走行様式を眺めてみたい。

III. 各舌筋の舌内走行について

ヒト舌の冠状断、水平断、矢状断の3方向で30 μmごとの連続切片（HE染色）を作製し、各舌筋の走行を観察した。

1. 冠状断連続切片の観察（図1）^{5,6)}

舌尖の先端には脂肪組織が多く存在し、筋は下縦舌筋が

主で、ほかに横舌筋、垂直舌筋がまばらに存在する。舌尖の先端から後方にいたるにつれ上縦舌筋が出現、下縦舌筋と連続して粘膜下で舌体を包む筋層を形成する。その後、オトガイ舌筋が正中下方から舌内に侵入する。垂直舌筋は舌上面の上縦舌筋に起始し、横舌筋と交差した後、舌外面の下縦舌筋に終止する。横舌筋は舌前方ではオトガイ舌筋の上方を中心に、後方にいたるにつれ上下にわたって交差し、その後、外方へと向かい、垂直舌筋と交差しながら上縦舌筋～下縦舌筋の筋層へ終止する。舌外側では、舌後方へ向かうにつれ、茎突舌筋の側方線維が上縦舌筋～下縦舌筋が作る筋層の外上方に、その下方に、舌骨舌筋が出現し、上縦舌筋～下縦舌筋による粘膜下筋層が分断される。この2つの外舌筋に占拠されるように舌後方になると下縦舌筋は認められなくなる。一方、上縦舌筋は舌根付近で停止する。垂直舌筋は舌後方に向かうにつれ、茎突舌筋へ向かい、舌根付近で遂に茎突舌筋の舌根方向へ向かう線維と連続する。また、オトガイ舌筋とその外方にある下縦舌筋との間には内側から舌下神経、舌動脈、舌神経が順に並んで走行し、舌下神経はオトガイ舌筋内に、舌神経は下縦舌筋内に入り込み走行していることが観察される。

2. 水平断連続切片の観察（図2）⁷⁾

水平断での観察では横舌筋の走行がわかりやすい。横舌筋の筋線維は舌前方では細いが、後方になると太くなり、舌根付近の高さで外後方へ伸び、口蓋扁桃の外方を走行する上咽頭収縮筋舌咽頭部と連続し、舌根付近でリング状の筋束を形成していることがわかる。

3. 矢状断連続切片の観察（図3）

矢状断切片では上縦舌筋、下縦舌筋、垂直舌筋、オトガイ舌筋の走行がよくわかる。舌尖は下縦舌筋が主で垂直舌筋、横舌筋が認められる。上縦舌筋は舌尖の先端には存在せず、舌尖よりやや後方に起始し舌根付近で停止する。オ

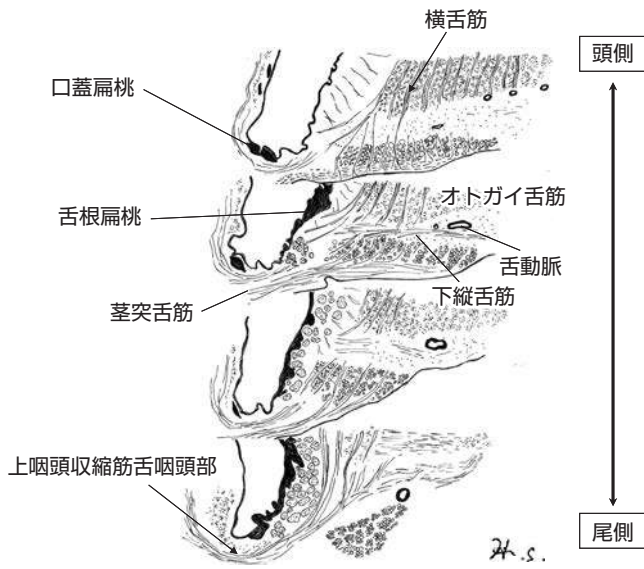


図2 ヒト舌の水平断連続切片の模式図

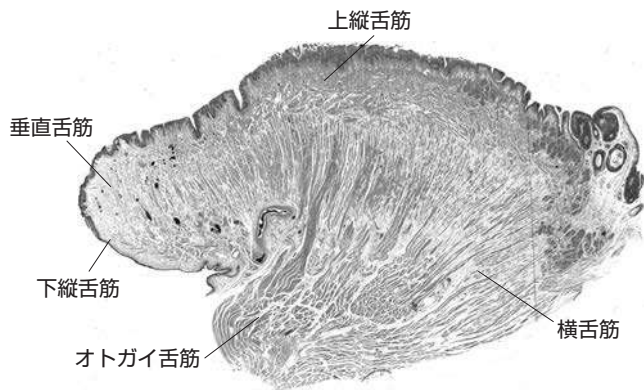


図3 ヒト舌の正中付近での矢状断面 (HE 染色)

トガイ舌筋は扇状に走行し、舌前方に向かう筋線維では細いが、舌根に向かう筋線維では太くなっている。横舌筋がオトガイ舌筋と交互にサンドイッチ状に交差している^{7,8)}。

IV. 舌内の筋紡錘の分布⁷⁾

矢状断連続切片から舌内の筋紡錘の分布を詳細に観察すると、オトガイ舌筋の舌根に向かう筋線維とこれと直行する横舌筋にのみ筋紡錘の存在することが判明した (図7参照)。ただし、その数は体壁筋における筋紡錘の数より少ない。

V. 舌神経の神経線維解析 (図4)⁵⁾

舌下神経はオトガイ舌筋へ分枝を出す前に、三叉神経の下顎神経から分枝し、その後鼓索神経 (主に味覚神経) が合流した舌神経と交通をもつ。舌神経は舌前 2/3 の領域の知覚・味覚を司るとされているが、鰓弓神経である三叉

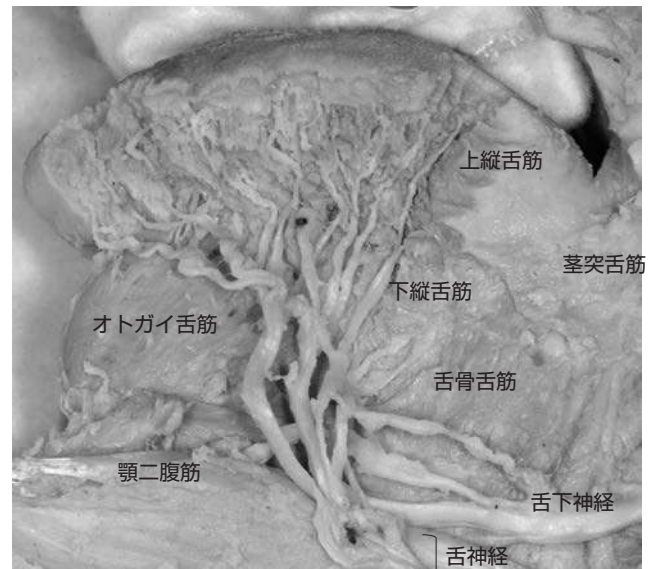


図4 ヒト舌神経の下縦舌筋～上縦舌筋が形成する筋層内での走行

神経の分枝である舌神経が、由来の異なる脊髄神経に由来する運動神経である舌下神経となぜ交通枝を有するのであるかという疑問が湧く。ひょっとして舌神経には運動枝が混在し、舌下神経と連動しているのではなかろうかとも考えられる。舌神経は三叉神経の下顎神経から分枝する。下顎神経は頭蓋底で三叉神経の半月神経節から分枝するが、半月神経節で三叉神経運動根が合流し、下顎神経を形成する。下顎神経は硬膜枝と閉口筋である内側翼突筋、さらに鼓膜張筋、口蓋帆張筋への分枝を送った後、前後二幹に分かれる。前方の幹は主に運動根由来のもので主に咀嚼筋群へ分枝する。後方の幹からは耳介側頭神経、下歯槽神経、舌神経が分枝する。下歯槽神経は下顎骨内へ侵入し、下歯槽神経叢を形成し下顎歯・頬側歯肉、その後オトガイ孔より出て下口唇の皮膚・粘膜、オトガイ付近の皮膚の知覚を司るが、下顎骨内に侵入する前に顎舌骨筋へ分枝を送っている。舌神経はその後、中耳を経由した鼓索神経と合流し、内側翼突筋の前面を通過し、舌骨舌筋の前面を通過する。その後、唾液腺である顎下腺に分枝を送った後、下縦舌筋付近に到達する。教科書では、ここから舌神経は粘膜下を走行し、舌前 2/3 に分布すると記載されている。しかし、下歯槽神経が顎舌骨筋神経を分枝するように、舌神経には運動根由来の神経線維は含まれないのであろうか？ そうでなければ三叉神経運動根が半月神経節で知覚線維に合流する理由がないとも考えられる。そこで、ヒト舌神経に三叉神経運動根の線維が合流しているのか、合流しているのであればどのように舌内を走行していくのかを観察した。

頭蓋底で半月神経節と三叉神経運動根を同定し、運動根の下顎神経への合流を手術用顕微鏡下に追跡すると、運動

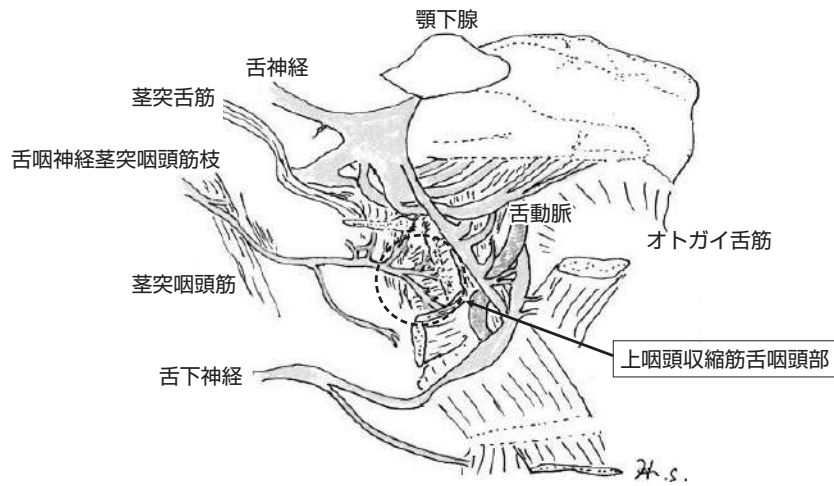


図5 ヒト舌咽神経茎突咽頭筋枝の走行

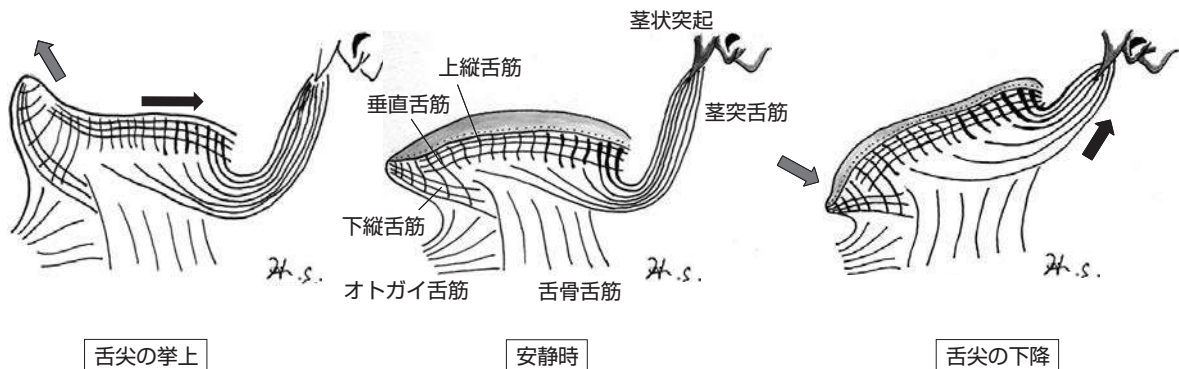


図6 上縦舌筋・下縦舌筋・垂直舌筋・茎突舌筋による舌尖の運動様式

根から舌神経に細い神経線維の送られていることがわかった。その後、同線維は顎舌骨筋神経、舌下神経と交通しながら下縦舌筋に分枝を送っていた。さらに追跡を続けると、舌神経は下縦舌筋に分枝を送りながら上向し、上縦舌筋へも分枝を送り、舌粘膜下に停止していた。

VI. 舌咽神経の神経線維解析 (図5)⁹⁾

舌咽神経は頸静脈孔から頭蓋外に出て下神経節を形成した後、下降して茎突咽頭筋後縁で咽頭枝と茎突咽頭筋枝の二股に分かれる。咽頭枝は交感神経の上頸神経節、迷走神経咽頭枝と咽頭神経叢を形成する。教科書には、茎突咽頭筋枝は咽頭挙筋である茎突咽頭筋に分枝を送った後は、上咽頭収縮筋下縁を貫くか、その下方で中咽頭収縮筋上縁との間を通して咽頭粘膜、舌後方1/3の粘膜にいたると記載されている。上咽頭収縮筋下縁とは上咽頭収縮筋舌咽頭部に相当する部分であるが、舌咽神経茎突咽頭筋枝が同筋を貫くか、下縁を通過するのであれば、同筋に分枝を送っている可能性が高い。そこで、舌咽神経茎突咽頭筋枝の追跡を行った。

茎突咽頭筋後上縁付近で舌咽神経を同定し、茎突咽頭筋枝の追跡を行った。その結果、茎突咽頭筋枝に分枝を送った後には上咽頭収縮筋舌咽頭部の、まさに咽頭収縮筋が舌根付近で横舌筋に連続する筋線維に分枝を送っていること、同時にその上方にある口蓋咽頭筋、口蓋舌筋にも分枝を送っていることが判明した。

VII. 各舌筋の運動様式、発生の由来を考える

舌尖の先端においては脂肪組織が豊富で下縦舌筋を主として垂直舌筋、横舌筋のみが認められ、上縦舌筋は舌尖のやや後方から存在する。上縦舌筋が収縮した場合、上縦舌筋の後方は舌根に達するが、舌根付近では舌尖より軟部組織が少ないことを考えると、上縦舌筋が収縮することで舌尖が挙上すると考えられる(図6)。このとき、舌尖に脂肪組織が豊富なことは、舌尖が硬口蓋や上歯茎に接する、距離を縮めることなどにより、気流の微調節が可能となり構音操作にとって有利な構造といえる。

茎突舌筋は舌後外方から舌内へ侵入する際に舌後上方に向かう筋線維と垂直舌筋とが連続することから、この両者

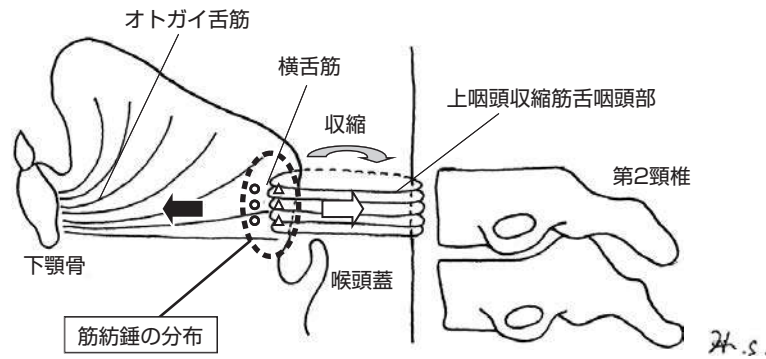


図7 オトガイ舌筋と横舌筋～上咽頭収縮筋舌咽頭部の機能的な拮抗的關係

表1 ヒトにおける各舌筋の神経支配と発生

舌筋		支配神経	発生
内舌筋	上縦舌筋	三叉神経	第1鰓弓
	下縦舌筋	三叉神経	第1鰓弓
	横舌筋	舌咽神経	第3鰓弓
	垂直舌筋	舌下神経	後頭体節
外舌筋	オトガイ舌筋	舌下神経	後頭体節
	茎突舌筋	舌下神経	後頭体節
	舌骨舌筋	舌下神経	後頭体節
	口蓋咽頭筋	舌咽神経	第3鰓弓

と考えられる。また、舌咽神経茎突咽頭筋枝の神経線維解析の結果から、横舌筋は第3鰓弓筋由来の筋であると考えられる。臨床的にも嚥下時に舌根が後方移動すると中咽頭壁が収縮し、咽頭蠕動波が発現する。後舌母音 /a/ 発声時に、中咽頭壁が収縮する事実と一致する。また、筋紡錘の分布が舌根付近の横舌筋とオトガイ舌筋にのみ認められたことから、舌を前方に移動させるオトガイ舌筋と同部の横舌筋とが拮抗関係にあることが考えられるが、実際にオトガイ舌筋は舌の前方運動の主体であることが知られている(図7)^{11, 12)}。表1に著者が提唱する各舌筋の神経支配とその発生を示す。

が収縮することで舌の後上方への挙上運動が起こること、同時に舌尖においては垂直舌筋が下縦舌筋を足場に収縮することで舌尖が下方へ向くと考えられる(図6)。この運動様式は、顎舌反射¹⁰⁾により、舌後方が後上方へ移動する際に舌尖が下方を向く運動を説明しうるものと考えられる。舌神経の神経線維解析の結果、上縦舌筋、下縦舌筋が三叉神経運動根由来の線維により支配されることが判明したが、このことは同じ三叉神経運動根に由来する咀嚼筋群との連動による顎運動と舌尖を中心とする舌運動の発現に有利な神経支配であると考えられる。互いに交差する内舌筋同士は互いに、また、内舌筋の起始、停止に近い外舌筋は、内舌筋の足場となり、その収縮の程度により舌の多様な運動性を実現しているものと考えられる。発生学的には、上縦舌筋・下縦舌筋は、三叉神経運動根由来の神経線維により支配されることから第1鰓弓筋群に由来する筋であると考えられ、一方、垂直舌筋は真の内舌筋というよりも茎突舌筋と関連深い、すなわち舌下神経支配の後頭体節由来の筋であると考えられる。

横舌筋は舌根付近で上咽頭収縮筋舌咽頭部の筋線維と連続するが、同部が収縮すると、中咽頭腔は狭まり、舌根が後方へ移動すると考えられる(図7)。また、同部の神経支配は舌咽神経茎突咽頭筋枝の分枝であったことから、咽頭筋群、特に咽頭挙筋群と連動して働くことに有利である

VIII. ま と め

ヒトの舌筋は、従来からいわれてきたようにすべてが舌下神経支配ではなく、鰓弓筋の領域に後頭体節由来の筋が侵入してできた複合的な存在であることが判明した。比較解剖学的には、魚類では古代魚である *polypterus* の舌には平滑筋が存在することが報告され¹³⁾、八田¹⁴⁾はカナヘビ(トカゲ)の舌の発生様式から「舌は咽頭壁を着せる内胚葉の所産」と述べている。爬虫類から分化した鳥類の舌は角化した槍の穂先状を呈しており、三叉神経運動枝のみがあり、知覚線維がほとんどないという¹⁵⁾。これらのことから、爬虫類から分岐し、もう一方の分化の道筋を歩んだ哺乳類、そしてヒトの舌筋のすべてが後頭体節に由来するものではなく、長い生命の歴史のなかでその歴史的な背景をもちながら分化してきたことが推定される。ヒトの舌は嚥下、咀嚼、味覚、触覚、アイスクリームを舐めるなどの運動から、表現(ベーツや舌打ち)、管楽器のタンギングなど、ヒトの生命活動に直接関係する機能からQOLに関係する機能まできわめて豊かな機能を担う存在である。また、随意筋とはいうものの、いくら練習しても外国語の発音がうまいかない、食事中にみずからの舌を噛んでしまう、舌先が抜歯した部分に向かってテロテロと無意識に動いてしまうなど、単なる随意筋というだけでは説明

が見つからない存在でもある。この豊かな機能、一方でみずからの意思では自在には運動しえない舌という存在を考えると、鰓弓筋群と後頭体節由来の筋の複合による存在であるという説明に合点がいくものである。今回は誌面の都合で、哺乳類における下顎骨の新生（爬虫類以前の軟骨性下顎骨は耳小骨へ転化、新たに皮下にカルシウムを沈着させた膜性骨化による下顎骨である）、ヒトの直立化のなかで舌筋がどのように変遷を遂げたのかについて述べないが、生命分化における悠久の歴史、生物としての生き様や摂取物による変化に対応しつつ分化した痕跡を舌に求めつつ、改めてヒトの舌を眺めることは、構音障害の患者を眼前にする私たちにとって、決して無意味なことではないだろう。

文 献

- 1) Gray's Anatomy (13rd.ed). Churchill-Livingstone, New York, pp1723-1725, 1995.
- 2) Sadler TW: ラングマン人体発生学 (第5版) (沢野重蔵訳). 医歯薬出版, 東京, 129-133頁, 1987.
- 3) Sadler TW: Langman's Medical Embryology (8th ed). Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp362-364, 2000.
- 4) 堀口正治, 木田雅彦: 脳神経. 末梢神経解剖学 (佐藤達夫編), サイエンス・コミュニケーション・インターナショナル, 東京, 60-92頁, 1995.
- 5) Saigusa H, Tanuma K, Yamashita K, et al: Nerve fiber analysis for the lingual nerve of the human adult subjects. *Surg Radial Anat*, 28: 59-65, 2006.
- 6) Saigusa H, Tanuma K, Yamashita K, et al: Fiber arrangements of the vertical lingual muscles in human adult subjects. *Eur J Anat*, 16: 177-183, 2012.
- 7) Saigusa H, Yamashita K, Tanuma K, et al: Morphological studies for retrusive movement of the human adult tongue. *Clin Anat*, 17: 93-98, 2004.
- 8) Saigusa H, Niimi S, Yamashita K, et al: Morphological and histochemical studies of the genioglossus muscle. *Ann Otol Rhinol*, 110: 779-784, 2001.
- 9) Saigusa H, Tanuma K, Yamashita K, et al: Nerve Fiber Analysis for Peripheral Branches of the Glossopharyngeal Nerve of Human Adult Subjects (in submitted).
- 10) 中村嘉男: 咀嚼運動の仕組み, 咀嚼の話し. 日本歯科評論社, 東京, 259-300頁, 1983.
- 11) Kokawa T, Saigusa H, Aino H, et al: Physiological studies of retrusive movements of the human tongue. *J Voice*, 20: 414-422, 2006.
- 12) 三枝英人: 構音器官の運動性から考える—その評価法と新しいDysarthria治療の可能性—, 音声言語医学, 48: 231-236, 2007.
- 13) Marcus H: Zur stammesgeschichte der Zunge? Ueber muskulatur in der polypteruszunge. *Ann Anz*, 77, 1934.
- 14) 八田三郎: 比較発生学. 刀江書院, 東京, 176-178頁, 1931.
- 15) Portmann A: 脊椎動物比較形態学 (島崎三郎訳). 岩波書店, 東京, 165-167頁, 1979.