

## 口腔の吸引機構の進化について

小寺 春人\*

### 1. はじめに

ヒトをはじめ哺乳類の口腔の機能には、咀嚼・嚥下機構とともに吸引機構が重要な要素なしている。哺乳類の本質を成す要素の一つが哺乳にあるとされるが、これには子どもの吸啜(吸乳)運動を前提としている。ところが、口腔の吸引機構についての研究はきわめて乏しい(Lehr et al., 1971)。したがって、哺乳類の口腔の吸引機構がどのように由来し、進化してきたものかは、研究されたり論じられたことがほとんどない。

この論文では、ヒトの口腔の吸引機構について、新しい説明をおこなうとともに、これを基礎に吸引機構の解剖学的構造と機能の歴史的な背景を比較解剖学的に検討するものである。なお、ヒトの口腔の吸引機構の詳細な研究については別の機会に報告する予定である。

### 謝 辞

本研究に当たって、ヒトの吸引機構の共同研究をしていただいた鶴見大学歯学部生理学教室の塩沢光一氏、MRIの撮影をおこなっていただいた鶴見大学歯学部放射線学教室の小林 馨氏、実験の被験者になっていた鶴見大学歯学部解剖学教室の教室員と同歯学部学生の方々、実験のために真空測定器を無償で貸与していただいた岡野製作所、また爬虫類に関する文献の紹介をいただいた本会会員の青木良輔氏、これらの方々のご厚意に厚くお礼を申し上げます。

### 2. 材料と方法

#### 1) ヒトの口腔の吸引機構の研究方法与材料。

後述のようにヒトの口腔の吸引機構を口腔底の下制によるものとし、その主要な筋群を舌骨下筋に求めるとともに、吸引に関連した機構を説明するために舌骨上筋(顎舌骨筋)と頬筋について、多様な運動下で筋電位を測定した。

**筋電位の測定方法**(図1の右):被験者の右側について、頬部の頬筋(B)中心部、下顎底の下顎骨オトガイ結節と舌骨の間の顎舌骨筋(MH)の前方部、前

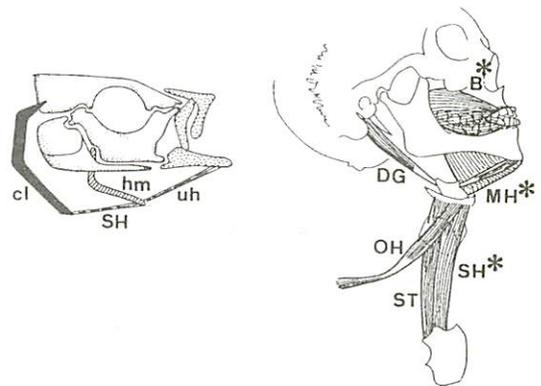


図1 人(右)と魚類(左)の吸引機構に関わる筋と骨格。  
B; 頬筋, cl; 疑鎖骨, DG; 顎二腹筋, hm; 舌顎骨, MH; 顎舌骨筋, OH; 肩甲舌骨筋, SH; 胸骨舌骨筋, ST; 胸骨甲状筋, uh; 尾舌骨。ヒトでは口腔底をつくる顎舌骨筋を胸骨舌骨筋や胸骨甲状筋, 肩甲舌骨筋などの舌下筋によって下制し, 口腔を陰圧にしている。頬筋と顎舌骨筋は陰圧の加算に関与する。\*印の筋は筋電図を測定した筋。魚類でもヒトと同様に舌骨弓の舌顎骨を胸骨舌骨筋により後引ることにより口腔と鰓腔を陰圧にしている。(上図はKardang(1995)を改変)

頸部の舌骨下筋の一つである胸骨舌骨筋(SH)の筋腹中心部の各部位の皮膚のうえに、脳波測定用のボタン電極を張り付けて、被験者の種々の運動下で、通常の筋電図測定装置により活動電位のアナログ記録をとった。

**吸引の測定方法:**被験者には、外径9mmの管を前歯で軽くくわえながら口唇で密閉して吸引させた。くわえた管は真空測定装置(岡野製VC-10S型)に接続し、そのデータを筋電図と同時にアナログ記録をとった(図2, 図3)。

**MRI:**吸引運動に伴う口腔諸器官と筋の形状変化を見るために、被験者の休息状態と吸引運動状態の持

続下で核磁気共鳴画像装置 (MRI) を用いて、被験者の矢状断と前頭断の断面像を撮影した (図4, 左側は安静時, 右側は吸引時)。

**被験者:** 筋電図の被験者は30才~57才の男性5人と女性1人である。被験者には、上記の筋電図測定用の電極と真空計測機の管を装着させ、休息と1回吸引、繰り返し吸引などの種々の運動を組み合わせ測定した。

MRIの被験者は20才の男性1人である。

### 2) 比較解剖学的検討の資料

魚類と爬虫類の比較機能解剖学的な検討には、文献的資料 (Gosline ; 1971, Kardong ; 1995, Pritchard ; 1984, Fay ; 1982) に基づいた。

### 3. ヒトの口腔による吸引機構について

骨格筋についての機能解剖学的な研究をするさいに、動物を材料にするのではなくヒト自身を材料にすると、自由に任意の運動を生じさせることができること、感覚系の情報を得ることができるなどの長所がある。とくに口腔による吸引実験は、動物にこの運動を強いることはきわめて困難である。その反面でヒトを材料にすると筋の切断実験や、切開による電極の直接挿入などの非人道的実験はできない。これらを考慮し、ヒトの吸引機構には固有な特殊性があるものの、哺乳類を代表させてヒトの吸引作用について検討した。

口腔により吸引するには、口腔内を大気圧よりも陰圧にしなければならない。口腔内を陰圧にするには2通りの方法が考えられ、ひとつは口腔とは別個の陰圧空間と口腔を連結して吸引する方法であり、他は密閉した口腔の空間を拡張させる方法である。前者は、気道を通して肺によって吸引する方法である。しかし、実際に子どもが乳を飲むさいには肺を使わず、口峽を閉鎖して口腔のみで吸引している。では、口腔による陰圧は、口腔をどのように拡張させた結果であろうか。

**仮説:** 口腔による吸引は、口腔底を下方に拡張することによって口腔内に陰圧を発生させて引き起こしている。口腔底の下制筋は舌骨下筋である。

これを実証するために、材料と方法の項で述べたとおりの実験を行い、筋電図と口腔内圧力のデータを得た。その結果はつぎのとおりである。

図2に示すように、口腔の吸引による陰圧と一致して、舌骨下筋 (胸骨舌骨筋 SH) の収縮による筋電位の上昇が認められる。しかも、この値は下顎に制限を加えて開口運動をした値より大きい。吸引に際して、舌骨下筋とともに、下顎底をつくる顎舌骨筋 (MH) や、頬粘膜を裏打ちする頬筋 (B) の電位も中程度に上昇した。

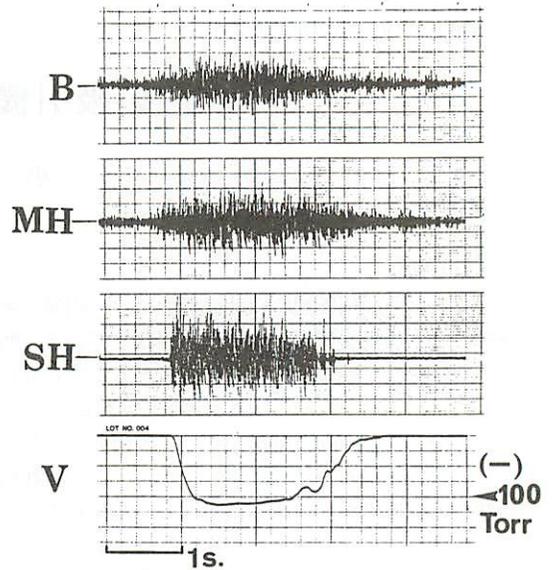


図2 1回吸引時の筋電図。B ; 頬筋, MH ; 顎舌骨筋, SH ; 胸骨舌骨筋, V ; 口腔内の陰圧。陰圧の発生には胸骨舌骨筋の大きな収縮があることを示しており、また頬筋と顎舌骨筋にも一定の緊張があることを示している。

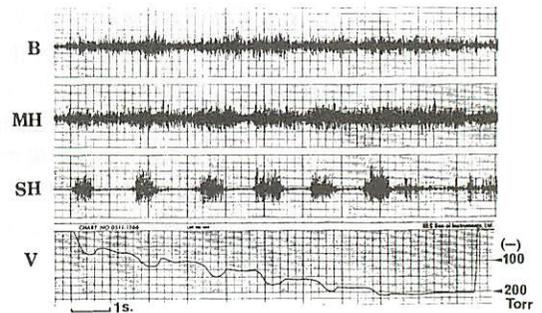


図3 反復吸引による陰圧の加算時の筋電図。吸引の反復ごとに胸骨舌骨筋の断続的な収縮が見られる。頬筋と顎舌骨筋は連続して、かつわずかながら緊張の上昇を示しており、これらの筋が陰圧の蓄積をしている。

MRIにより頭部の正中矢状断面を、安静時と吸引時で比較すると (図4), 舌骨 (H) および顎舌骨筋 (MH) が舌骨下筋の緊張により下制されているのが観察される。

これより、口腔による吸引作用は、舌骨下筋による

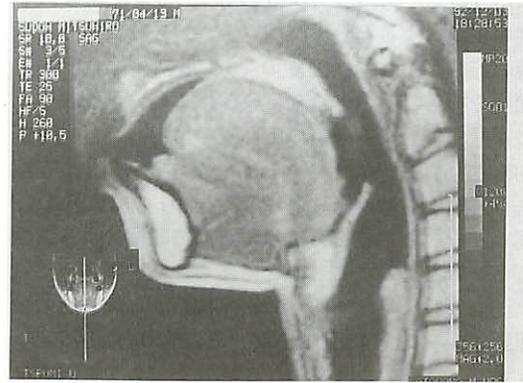
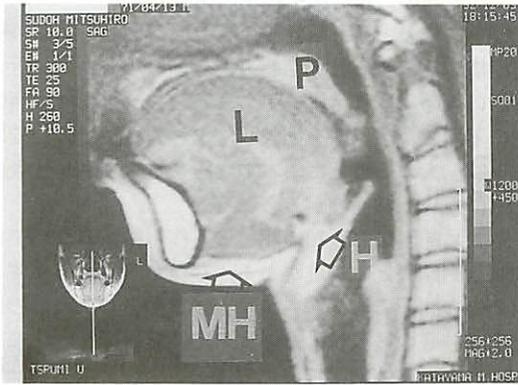


図4 安静時(左)と吸引時(右)のMRIの正中矢状断面像。H；舌骨、L；顎舌骨筋、P；軟口蓋。右側の吸引時では、軟口蓋と舌背が密着して口腔が閉鎖され、舌が後引されている。舌骨の位置が舌骨下筋の作用により下方にさがっていること、また顎舌骨筋が緊張していることを示している。

口腔底の下制によって口腔内に陰圧をつくって生じること。この陰圧による粘膜の変形に拮抗して、下顎底と頬をつくる頬舌骨筋および頬筋も、一定の緊張が生じることを示している。(図5の1～2)。

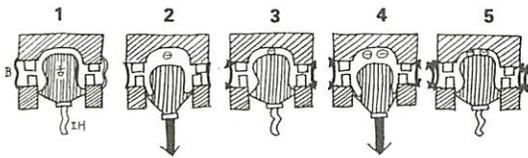


図5 口腔の吸引機構を示す図式。B；頬筋、IH；舌下筋、黒色の矢印は筋の収縮を示す。1は安静時。2は最初の吸引時。舌骨下筋による下制により陰圧が生じ、頬筋が内方に引き込まれる。3は下顎底が復帰、頬筋の緊張で陰圧が保持される。4は次の吸引の反復。陰圧が初回より増す。5は再復帰。さらなる頬筋の緊張により陰圧が加算保持される。

これまでの口腔による吸引作用についての説明は、呼吸の吸気によるとするもの(河村, 1966)、頬筋によるとするもの(江藤, 1983)、下顎の下制によるとするもの(DuBrul, 1988)がある。また、ここで述べた説明にややちかいかいものとして、覚道ほか(1982)は、「口腔底の筋群によって舌を後下方に下げると、舌の中央部がくぼんで、…口腔内は陰圧となる。これを繰り返すと、なおいっそう陰圧は増大する。」と述べている。ただし、吸引のさいの主要な働きの口腔底を下制する舌骨下筋群については触れていない。また、繰り返しによる陰圧の増大機構にも言及はしていない。つぎに、舌骨下筋の機能について検討しておく。

教科書(森於菟ほか, 1982; Goss, 1973)によると、舌骨下筋群の働きとしては、口を開けるさいに舌骨を固定する働きがあること、嚙下や高音の発声にさいして舌骨と喉頭が上昇したのを下げる働きがあること、また、深吸気運動と関連して舌骨下筋群が頸筋膜下部を緊張させ、軟部が内方に引かれられないようにして、大血管や肺尖を圧迫しないように働くと記述している。しかし本研究の結果は、上述のいずれの場合の舌骨下筋の働きよりも、口腔による吸引のさいの活動の方が大きいことを筋電図は示している。つまり、舌骨下筋(舌骨上筋を含めた舌骨筋としてもよい)は、本来的に口腔の吸引作用筋である、といってもよいであろう。

口腔の吸引作用に関する第2の問題は、覚道ほか(1982)が指摘しているように、とくに乳児の吸乳(吸啜)に見られる、吸引運動の繰り返しによる陰圧の増大機構についてである。この機構についても、合理的な説明をしたものはない。密閉された口腔の拡張による陰圧の生成のみによっては、これを繰り返しても陰圧が増大しないことは自明である。

仮説：下顎底の下制運動の繰り返しによって陰圧が加算される機構は、頬筋や顎舌骨筋などの口腔粘膜を裏打ちする筋の緊張の増大によって、弾性張力の増大として陰圧が蓄えられることによる(図5)。

舌骨下筋による下顎底の下制によって口腔内に生じた陰圧は、密閉された口腔内の粘膜を内方に引き込み陥凹する(図5の2)。これに伴って、口腔粘膜を裏打ちしている頬筋や顎舌骨筋が内方へ陥凹する。この陥凹した筋が収縮するなら、粘膜は陥凹した面から復元しようとするから、口腔内の陰圧が加算される。つぎに下顎底の下制が復元し、下制による陰圧が消失しても頬筋や舌骨下筋の収縮の維持によって一定の陰圧

が保持されるであろう(図5の3)。つぎに再度、下顎底の下制をすると陰圧が加算され、それに伴う口腔粘膜の陥凹が生じて(図5の4)、最初の場合と同様に頬筋や顎舌骨筋のさらなる収縮により、下顎底が上方に復帰しても第1回目の下顎底の復帰時よりも陰圧は加算されて保持されているはずである(図5の5)。つまり、吸引運動の繰り返しによる陰圧の加算機構は、頬筋などの口腔粘膜を裏打ちする筋の収縮による弾性緊張として蓄えられるものと考えられるのである。

上記の仮説を実証するために、被験者に繰り返し吸引運動によって陰圧を高めさせ、その間の筋電図をとった。ただし、このような陰圧の加算ができる被験者は1名のみであった。したがって、ここでは1例のデータしかない。

図3に示す筋電図ならびに口腔内真空計のデータを見ると、吸引を繰り返すことによって陰圧が加算されること、各吸引時には舌骨下筋の緊張が見られること、頬筋ならびに頬舌骨筋は吸引時に電位が上昇するが、さらに吸引時と吸引時の間でも一定の電位が見られ、かつ繰り返しによって両筋の電位が平均してわずかながら上昇しているのが見られた。この結果は、上記の仮説を支持しているものと考えられる。

#### 4. 魚類の呼吸運動について

軟骨魚類と硬骨魚類はともに、呼吸運動にさいして水を口裂から取り入れ鰓裂から排出する。このさい、水を口腔内に入れる機構は、種によっては永続的な高速遊泳によって受動的に取られるものもあるが、多くの魚類は口腔と鰓腔における能動的な運動により水を吸引している。なかでも、底生生物を摂餌する魚類は強い吸引力によって餌を取り入れていることが知られている。Gosline(1971)は、硬骨魚類の吸引機構をつぎのように説明している(図1の左)。高等真骨魚類では、体幹筋による脳頭蓋骨の後引や鰓蓋骨挙筋に連動した下顎の下制運動とともに、肩帯骨格からは胸骨舌骨筋(SH; *M. sterno-hyoideus* 舌骨下筋の一つ)が顎舌骨(hm; *hyo-mandibular*)に結合しており、顎舌骨と下顎骨の間には尾舌骨(uh; *urohyal*)が介在している。胸骨舌骨筋が収縮すると、左右の舌骨弓(顎舌骨)の前端が下・後方に引かれ咽頭腔は下方に拡大する。これとともに、舌骨弓後端が側方に向きを変えるので咽頭腔は外側にも拡大する。

つまり、硬骨魚類の口腔への吸引機構は、舌骨下筋(胸骨舌骨筋)により舌骨弓を介して咽頭腔を下方と側方に拡大することによって、陰圧を生じさせているのである。

#### 5. 哺乳類の口腔の吸引機構の由来

ヒトを代表とした哺乳類の吸引機構と硬骨魚類の吸引機構を比較すると、細部の相違はあるものの、舌骨下筋の収縮により舌骨(弓)を介して、魚類では咽頭腔の下面および側壁を拡大し、また哺乳類では口腔底を下制拡大することによって陰圧をつくりだして吸引する、という共通性がみられる。

ここに哺乳類と魚類の間には、作用領域のうえで口腔底と咽頭底との相違がある。しかし、両者の相違は用語上の問題にすぎない。哺乳類およびヒトの口腔底と咽頭腔底の区分は、あいまいで連続移行した領域である。ヒトの解剖学においては「口腔底」なる解剖学用語(日本解剖学会, 1987)はなく、一般に教科書(Goss, 1973)では、口腔底を固有口腔の口蓋と頬粘膜を除く領域を指す一般用語として使用されている。つまり、口腔底は舌骨および舌の両側面とその下面から下顎骨を覆う舌側の歯肉粘膜までの領域である。このうち舌背部分は、左右の口蓋舌弓が接するところを境に後方は咽頭になる。骨格の構成から見ると、舌骨と下顎骨の間の領域ということになる。これを粘膜に分布する神経から見ると、舌の前方部は三叉神経と顔面神経が分画されずに神経叢をつくっており、口腔と咽頭を分ける境界はない。

魚類では、口腔と咽頭の下面での境界は舌骨弓(舌顎骨、間舌骨、上舌骨、前角舌骨、下舌骨)であり、これより前方は口腔、後方は咽頭(鰓腔)である。粘膜の神経分布から見ると、三叉神経領域は口腔で、顔面神経より尾側の鰓弓神経領域は咽頭になる。

ヒト(哺乳類)と魚類の比較解剖から、口腔から咽頭部の下面は、鰓弓性の分節が魚類では明瞭であったものが、哺乳類では不明瞭になっていることがわかる。以上の点から、口腔の吸引機構において魚類と哺乳類の間で部分的な相違があるとみえるのは、用語の問題にすぎず、基本的な相違はないと結論づけられる。

食物摂取の方法に口腔の吸引機構を積極的に活用する脊椎動物を概観すると、爬虫類ではビクビカメ科のマタマタ(*Chelus fimbriatus*)は、水中において魚が射程距離内に入ると急に首を伸ばし、口で吸い込むことが知られている(Pritchard, 1984)。哺乳類では鯨類のセイウチ(*Odobenus rosmarus*)が、主食の二枚貝を口腔の中で歯によって殻を固定しておき、舌の後引による吸引力で殻から軟体部を吸い出すことが知られている(Fay, 1982)。これらの動物の吸引機構についての詳細な研究はないが、いずれも舌骨を起点とした舌骨下筋の収縮によって、咽頭から口腔底の拡張が陰圧を発生させているものと想像される。

以上の点を考慮すると、哺乳類の口腔の吸引機構は、魚類が呼吸および摂餌のために咽頭によって吸引する

機構が、そのまま保持されることによって由来したものである、と結論できる。舌骨と舌骨下筋は鰓腔の拡張のために魚類に起源したものであり、哺乳類においても口腔の吸引に第一義的な機能をもつものかといえよう。

系統発生的に魚類と哺乳類の間に位置する両生類および爬虫類・鳥類がどのような吸引機構をもつものか、また舌骨および舌骨下筋がいかなる機能をもつものかは、このような観点からの研究がないのでわからない。これら3網の脊椎動物では、口腔を密閉するための、魚類に見られる口腔弁や哺乳類に見られる口唇・頬などが発達しない。したがって、先のマタマタなどの例外を除くと、効率的な吸引機構をもたないのではないかと思われるが、これらの問題は今後の課題である。

#### 文 献

- DuBrul, E. L. (1988) Sicher & DuBrul 口腔解剖学。金沢英作ほか訳，医歯薬出版，東京。
- 江藤一洋 (1983) 咀嚼器官の発生と成長，「咀嚼の話」，窪田金次郎編，日本歯科評論社，東京。
- Fay, F. H. (1982) Ecology and biology of the Pacific walrus, *Odobenus rosmarus divergens* Illiger. U. S. Dept. Fish Wildlife., North Amer. Fauna, 74. 279.
- Gosline W.A. (1971) Functional morphology and classification of teleostean fishes. The Univ. Press of Hawaii, Honolulu.
- Goss, C.M. (1973) Anatomy of the human body by Henry Gray. Lea & Febiger, Philadelphia.
- 覚道幸男，鈴木隆，猪股四郎，野田憲一，中村治雄 (1982) 小口腔生理学。学建書院，東京。
- Kardong, K. V. (1995) Vertebrates, comparative anatomy, function, evolution. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque.
- 河村洋二郎 (1966) 歯科学生のための口腔生理学。永末書店，京都。
- Lehr, R. P., Blanton, P. L. and Biggs, N. L. (1971) An electromyographic study of the Mylohyoid muscle. *Anat. Rec.*, 169, 651 - 660.
- 森於菟ほか (1982) 解剖学，第1巻。金原出版，東京。
- 日本解剖学会 (1987) 解剖学用語。丸善，東京。
- Pritchard, P. C. H. (1984) Piscivory in turtles, and evolution of the long-necked Chelidae. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 52, 87 - 110.

#### Abstract

In human the oral sucking action are made by expanding of the mouth cavity. In this mechanism for expanding, I make the assumption that it is accomplished by lowering the floor of the mouth which is drawn to inferiorly by the infrahyoid muscles. An electromyographic investigation of the infrahyoid, mylohyoid and buccinator muscles were undertaken to determine these activity relative to the oral sucking. During sucking, the infrahyoid muscles were markedly active. And it is possible to explain that increasing of the oral vacuum level by repeat of sucking actions, depends on the accumulation of tensile in the buccinator and mylohyoid muscles.

In the teleostean fishes, for the feeding and respiration, the expansion and contraction of the mouth and pharyngeal cavity are made possible by lowering the floor, as similiary of the human sucking. I may conclude that the oral sucking function of the human and mammals are derived from the fish respiration and feeding mechanism.