

総説特集：摂食機能と味覚・うま味の関連－3

食物物性および一口量の嚥下機能に対する影響
－口蓋帆咽頭閉鎖機能に焦点を当てて－

館村 卓

(大阪大学・大学院歯学研究科・高次脳口腔機能学)

嚥下時に食塊の口腔から咽頭への移送が障害されると嚥下障害が発症する。口腔から咽頭への移行段階を担うのが、口蓋帆（軟口蓋）の挙上運動を中心とする口蓋帆咽頭閉鎖機能である。誤嚥防止のためには口蓋帆咽頭閉鎖機能の調節様相の解明が必要であり、その調節に食物の量と物性が影響することを口蓋帆挙筋ならびに口蓋舌筋の筋活動を指標として示した。

キーワード：口蓋帆咽頭閉鎖機能、口蓋帆挙筋、口蓋舌筋、嚥下量、食品物性

はじめに

様々な致命的な疾患からの救命率は向上しているが、摂食嚥下障害により社会復帰・参加が妨げられている人は増加しており、摂食嚥下障害への対応は社会的要請となっている。摂食嚥下障害への対応の一つとして、「トロミ食品」等により食物の粘性を高めることが臨床の場において行なわれるが、粘性を高めても必ずしも摂食嚥下障害に適切には対応できず、むしろ過剰なトロミを付与することが嚥下障害を惹起している場合があることも散見される。トロミ食品の効果に信頼性と一貫性がないこと背景として、トロミ食品の物性が対象者の摂食嚥下障害の病態像に適合していないことが考えられ、生体反応を考慮した新たなトロミ食品の開発が求められている。

ヒトが食物を摂取して嚥下する場合、体性感覚を使って食物を認知した上で過去の食経験に照合して摂取可能と判断し（先行期）、口腔に取り込んで咀嚼して磨り潰し（準備期）、嚥下が可能な状態になれば、舌と口蓋の間で食塊を圧迫し後方（咽頭方向）に移送する（口腔期）。舌と硬口蓋の圧迫によって食塊が後方へ送り込まれる、前口蓋弓（図1）に食塊

が接触すると口蓋帆が挙上して口峽が開大されて食塊が咽頭に流れ込む。その後奥舌が挙上して口蓋帆と接触することで流れ込んでいる食塊を切断し、同時に生じた咽頭の陰圧によって咽頭に吸引し（咽頭期前半）、その後舌は咽頭後壁と圧迫接触して陽圧を作り（咽頭期後半）、食塊を食道に送り込み、食塊は食道の蠕動運動によって胃に運ばれる（食道期）。

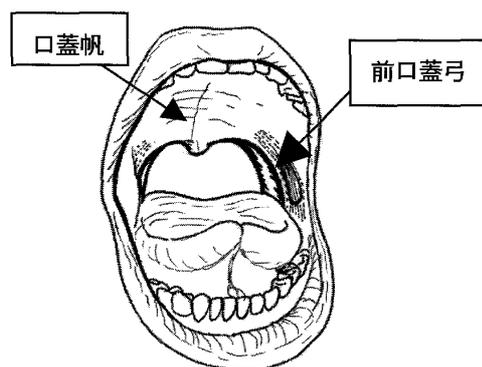


図1 口蓋帆と前口蓋弓の関係。

口峽の開大量によって咽頭への食塊の流入量が増えるため、食塊が口腔から咽頭に至る移行過程において誤嚥が発生する。口腔期から咽頭期への移行

* Received June 11, 2010; Accepted June 15, 2010

Effect of texture and volume of food on velopharyngeal function during swallowing.

** Takashi Tachimura, Division of Functional Oral Neuroscience, Osaka University Graduate School of Dentistry, 1-8 Yamada-Oka, Suita, Osaka 565-0871 Japan; tachimura@dent.osaka-u.ac.jp; FAX +81-6-6879-2279

館村 卓

段階の調節には口蓋帆運動を中心とした口蓋帆咽頭（いわゆる鼻咽腔）閉鎖機能が深く関わり、誤嚥を防ぐ上で重要な役割を持っている。口蓋帆の挙上が障害されることで口腔から咽頭への送り込みが障害されることも報告されており¹⁾、嚥下時における口蓋帆運動の調節様相を明らかにすることは、誤嚥防止のための新たなトロミ食品の開発等の対策を考える上で有効であると思われる。

口蓋帆咽頭閉鎖機能に関わる筋群²⁾

口蓋帆咽頭閉鎖機能とは、Speechや嚥下時に、口蓋帆（軟口蓋）を挙上させて咽頭後壁に気密に接触させることで鼻腔と口腔を分離する活動であり、これによって発音時には呼気の鼻腔漏出を防止して鼻音化を防ぎ、嚥下時には食塊の鼻腔への漏出を防ぐとともに、咽頭下部での陰圧形成を助けて素早く食塊を通過させている。口蓋帆咽頭閉鎖機能は、口蓋帆の挙上運動、咽頭側壁の内方運動、咽頭後壁の前方運動によって構成されるが、主たる役割は口蓋帆の挙上運動が担っている。口蓋帆の運動には口蓋帆張筋、口蓋帆挙筋、口蓋舌筋、口蓋咽頭筋、上咽頭収縮筋が関与するとされている（図2）が、口蓋帆の挙上運動は口蓋帆挙筋単独の活動によって行われている³⁾。一方、挙上した口蓋帆に奥舌が挙上して接触するためには前口蓋弓に収容されている口蓋舌筋の収縮が関与する。

ある器官の機能調整の様相を検討する上では、1) 運動を直接的あるいは間接的に観察する、2) 関連する筋（群）の筋活動を分析する、3) 組織学的に検討して調節の様相を推察する等の方法がある。筋紡錘は筋に分布して、筋の長さの調節や反射性収縮の調節を担っている。したがって、口蓋帆咽頭閉鎖機能に関わる上記の各筋の筋紡錘について調べることで、どのように嚥下機能に関与しているかを推察することができる。口蓋帆咽頭閉鎖機能に関わる筋群の組織学的研究では、口蓋帆挙筋以外の筋、とくに口蓋帆張筋と口蓋舌筋には大型の筋紡錘が稠密に分布し、口蓋帆挙筋には小型の筋紡錘がわずかにしか分布していないことが示されている⁴⁾。このことは、口蓋帆張筋と口蓋舌筋は反射性（feed backward）に活動するが、口蓋帆挙筋は反射性ではなく学習性（feed forward）に調節されていることを示すものである。

すなわち、仮説として嚥下時の口腔から咽頭への食塊の移行段階である口蓋帆の挙上運動による口峽の開大量は、口腔内に食物が存在する段階で得られた感覚情報（物性、量、味、匂い等）にもとづいて口蓋帆挙筋活動を調節することによる可能性が考えられる。

1. 嚥下量と口蓋帆挙筋活動・口蓋舌筋活動

口蓋帆挙筋の組織学的特性から考えると、食物の物性や口腔内に含んだ量が検出されて、口峽の開大量が変化することが考えられる。一方、口蓋舌筋の組織学的特性からは挙上した口蓋帆に向かって奥舌が接触（口峽の再閉鎖）して食塊を切断する運動は反射性であると思われるため、食物の物性や量には依存しない可能性が考えられる。そこで、口蓋帆挙筋と口蓋舌筋の活動が、嚥下量によって変化するかを検討した。

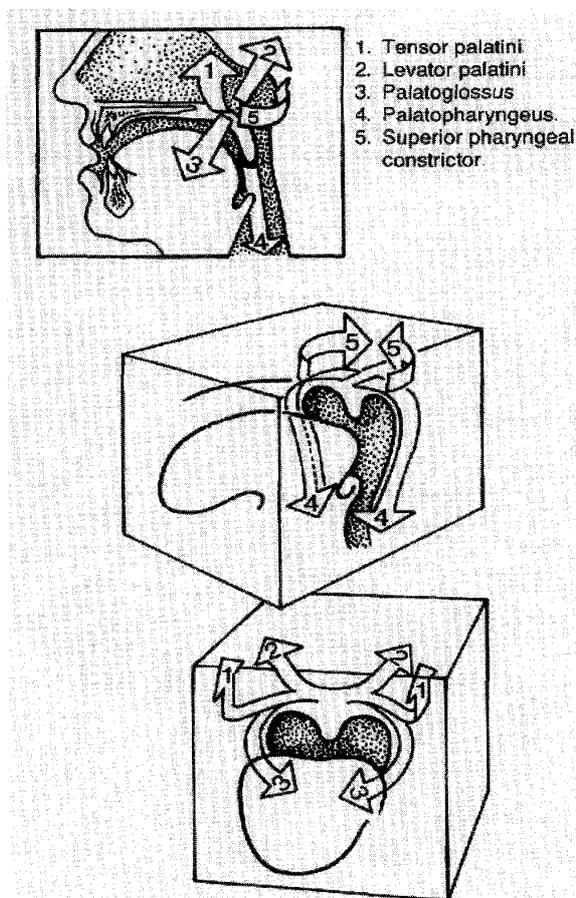


図2 口蓋帆咽頭閉鎖機能に関わる筋群²⁾。1：口蓋帆張筋、2：口蓋帆挙筋、3：口蓋舌筋、4：口蓋咽頭筋、5：上咽頭収縮筋

食物物性および一口量の嚥下機能に対する影響

実験方法

日本摂食嚥下リハビリテーション学会では、一定量の水を用いることで嚥下機能を評価する「水のみテスト」を推奨している。そこで、予備実験として、一定量の水（3, 5, 10 ml）を用いて嚥下時の口蓋帆挙筋ならびに口蓋舌筋の筋活動について調べた。その結果、いずれの筋活動においても被験者間に一様な結果が得られなかった⁵⁾。そこで、予め被験者ごとに個人至適嚥下量を調べ、至適嚥下量の 2^n ($n = -1, -2, -3$) 倍および $3/2$ (もしくは $5/4$) 倍量の作業量を一回嚥下量として、口蓋帆挙筋活動と口蓋舌筋活動を調べた。被験者は健常者とした。各被験者において得られた筋活動量の内、最大筋活動量を100%とし、他の筋活動を標準化した%筋活動量をもって筋活動量とした。7人の健常成人被験者を対象とした。

至適嚥下量の決定法

実験時の嚥下量は河合ら¹⁾の報告に準じて決定した。すなわち、被験者に眼耳平面が床と平行になるように椅子での座位をとらせた後、以下の手順に従って作業を指示した。

試料50 mlを入れた容量100 mlのプラスチック製のコップを持たせ、口腔内に貯留している唾液を嚥下させた後、被験者の主観による自分自身の習慣的な一回嚥下量を口腔に含ませ、実験者の合図の後、1回で嚥下させた。コップに残留した試料の量と50 mlとの差分を求めた。口に含んだ量を2回以上の動作で嚥下した場合の結果は棄却し、嚥下作業後に習慣的な一回嚥下量と被験者が告げた試行を測定対象とし、測定対象が5回になるまで作業を繰り返した。

筋活動採取方法^{6, 7)}

口蓋帆挙筋も口蓋舌筋も口蓋帆に付着する小さな筋であるため、その筋活動の採取のための電極として hooked wire electrode (刺入電極) を用いた。皮内注射針 (26G × 1/2in., テルモ(株)) に直径90 μm のエナメル被覆ステンレス線 (BELDEN CTD 社) を挿入し、先端を針先より出し、先端から2 mmまでの範囲のエナメル被覆を除去してステンレス線を露出させた後、先端から3 mmの部位を折り返して電極とした。

電極の刺入前に、疼痛軽減を目的に、ビーゾカイン・ゼリー (福地製薬(株)) にて表面麻酔を行った。筋活動に対する影響を考慮し、電極刺入点 (a/ 表出時に軟口蓋に生じる挙筋陥凹) を中心に半径5 mmの範囲に限って綿棒に付着させたビーゾカイン・ゼリーを用いて行った。

電極を挿入した注射針を、経口腔的に口蓋帆の外、後、上方に向かって刺入点に10 mmの深さで刺入した後、注射針のみを抜去して電極を口蓋帆挙筋に留置する。電極の導線は、嚥下動作を障害しないように、上顎結節後方から頬粘膜に沿わせて口角より口腔外に導出し、頬骨弓上の皮膚に、抜去した注射針とともにテープにて固定した。双極誘導とするために電極間距離が7 mmになるように2本の電極を刺入し、接地極は被験者の右耳朶に設置した。

導出した口蓋帆挙筋の筋電図信号は、入力箱 (JB-101J, 日本光電(株)) を介して生体電気用アンプ (AB-651J, 日本光電(株)) に、低域遮断周波数50 Hz、高域遮断周波数1 kHz、時定数30 msecで導出した。得られた筋電図原波形を多用途積分ユニット (EI-600G, 日本光電(株)) により時定数100 msecで平滑化し、その波形をモニター (VC-680G, 日本光電(株)) にて監視するとともに、データレコーダ (KS-616, SONY) に保存した。

データレコーダに保存した積分筋電図信号を、A/D変換器 (MacLab/8s, AD Instruments Japan) を用いてサンプリング周波数1 kHzでA/D変換した後、パーソナルコンピュータ (GX270, DELL(株)) に取り込み、積分筋電図を再現した。

結果

各被験者において得られた筋活動量の内、最大筋活動量を100%とし、他の筋活動量を標準化した%筋活動量をもって筋活動量とした。水嚥下時の口蓋帆挙筋活動は、個人至適嚥下量を中心とした個人ごとに固有の範囲内では、1回嚥下量と相関する活動を示した (図3)。すなわち、口峽の開大量は、含んだ水の量に応じて調節されることが明らかとなった⁷⁾。

一方、口蓋舌筋については、口蓋帆挙筋と近似した傾向を示す場合があったが、その傾向には被験者ごとに相違が強くみられた⁶⁾ (図4)。

館村 卓

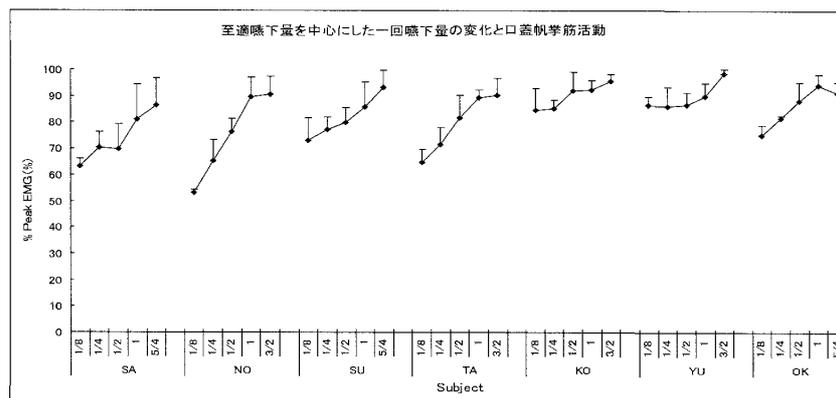


図3 至適嚥下量を中心とした1回嚥下量の変化と口蓋帆挙筋活動。嚥下量の増加に応じて筋活動量は高くなっている。

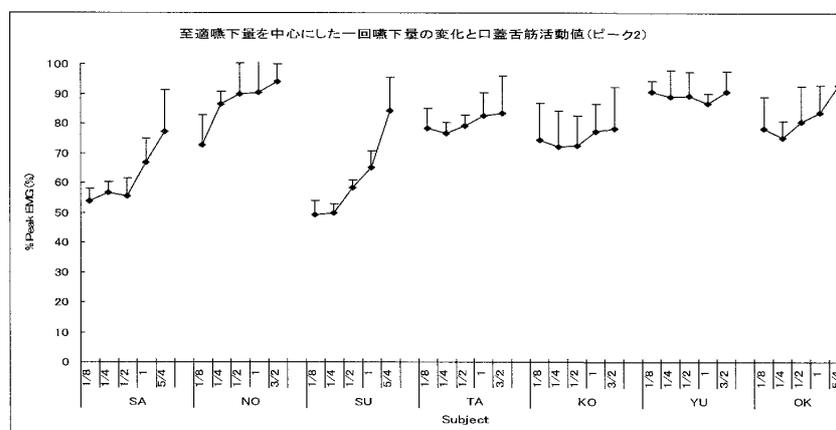


図4 至適嚥下量を中心とした1回嚥下量の変化と口蓋舌筋活動。嚥下量の増加に対する筋活動の応答には被験者間に一貫性が認められない。

臨床的意義

上記した結果から、個人至適嚥下量を中心とした固有の範囲内の水分量であれば、口蓋帆挙筋の活動量は口腔に含んだ水分量に依存して変化することが示された。すなわち、水嚥下時の口峡の開大量は、嚥下を始めるまでに既に口腔内にある水分量を検出して決定されていると言える。一方、口蓋舌筋については一貫性のない結果となったことから、筋紡錘についての組織学的所見に基づく仮説どおり口腔内の水分量とは関わりなく調節されていることが伺われた。

2. 粘性・嚥下量と口峡の開大

実験1では水を用いて嚥下量と口蓋帆咽頭閉鎖機能との関係を調べ、嚥下量が嚥下時の口蓋帆咽頭閉鎖機能の調節、とくに口蓋帆の挙上による口峡の開大量の調節に関与することがわかった。一般的に、水の様な拡散性が高い希薄な液状食品は、口腔から

咽頭へ送り込まれる際に重力の影響も受けることから、嚥下量の随意的な調節が難しく、嚥下障害を有する人での誤嚥リスクは高くなる。そこで、臨床現場では水のような希薄な液状食品には増粘剤を混合して粘性を上昇させ、拡散性を低下させると同時に重力の影響も少なくして対応することが多い。しかしながら、一方では、増粘剤を使用した場合、1回に嚥下できる量が少なくなり、必要水分量が確保できないことや増粘剤が必ずしも誤嚥防止に奏効しない場合もある⁸⁾。したがって、臨床現場で適切に増粘剤を使用するためには、粘性が付与された液状食品を嚥下する際に口蓋帆咽頭閉鎖機能はどのような影響を受けるかを明らかにする必要がある。

2.1 粘性の変化と至適嚥下量

実験方法

市販の「緑茶」(おーいお茶, 伊藤園)に増粘剤(スルーソフトリキッド, キッセイ薬品工業)を混入し

食物物性および一口量の嚥下機能に対する影響

て粘性を変えた試料を作成した。予備実験によって、「緑茶」100 ml にスルーツソフトリキッドを12 g, 24 g 混和すると、粘度はそれぞれ2.0, 4.6 (Pa·s) になることを確認していた。3種の粘度0, 2.0, 4.6 (Pa·s) の試料を作成し、一般的に言われているように粘性が変化すると至適嚥下量が変化するかを検討した。被験者は健常成人8名を対象とした。

結果

全ての被験者において、粘性が高くなると1回至適嚥下量は有意に減少した(表1)。8人の結果をまとめた結果を図5に示す。

表1 ANOVAの結果(* $p < 0.01$)

被験者	F値
1	27.8*
2	87.3*
3	56.5*
4	8.9*
5	34.8*
6	47.1*
7	38.7*
8	75.4*

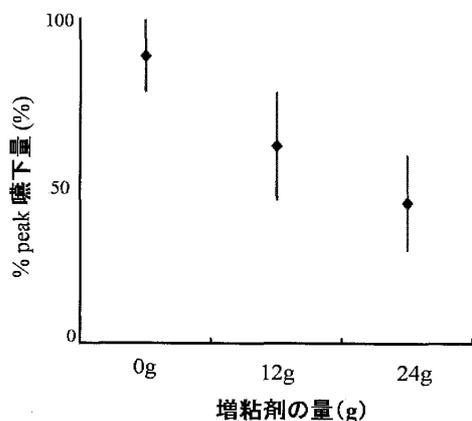


図5 8人の被験者における% peak 嚥下量。

% peak 嚥下量 = 嚥下量 / 最大嚥下量 × 100

2.2 粘性の変化と口蓋帆挙筋ならびに口蓋舌筋の筋活動

実験方法

実験2.1によって臨床的印象と同様に粘性が高くなると至適嚥下量が減少することが明らかとなった。このことは、粘性が変化して至適嚥下量が変化するのであれば、粘性と嚥下量の両方の影響を受け

て口峽の開大量が変化する可能性を示している。そこで、至適嚥下量と粘性がどのように口蓋帆咽頭閉鎖機能に影響するかを検討した。4人の健常成人を対象とした。3種の粘度0, 2.0, 4.6 (Pa·s) ごとに、至適嚥下量V, 2¹V, 2²Vとする試料を9種類作成し、口蓋帆挙筋と口蓋舌筋の活動を調べた。本実験における筋電図の分析は、1回作業ごとに各筋の筋活動開始から終了までに得られる波形の包絡線と基準線との間の面積とした。

結果

1) 口蓋帆挙筋活動は、粘度と嚥下量の両方を説明変数とする重相関式で説明できることが示され、粘性が高くなると嚥下量は小さくなり、口蓋帆挙筋活動量は低下することが示された(表2)⁹⁾。

表2 粘度と嚥下量を説明変数とし口蓋帆挙筋活動を目的変数とした際の重回帰分析結果

被験者	重相関係数	F	標準偏回帰係数	
			粘度	嚥下量
1	0.802	36.9	-0.620*	0.490*
2	0.825	44.7	-0.561*	0.604*
3	0.869	64.7	-0.450*	0.743*
4	0.795	36.1	-0.283*	0.743*

(* $p < 0.01$)

2) 一方、口蓋舌筋においては、被験者間に共通する結果は得られず、口蓋帆挙筋と異なる傾向を示した。このことから、口蓋舌筋の調節に対する量と粘性の影響は小さく、組織像から推察されるように、食品物性や量に関わりなく反射性に口峽を再閉鎖するものと推察される(表3)⁹⁾。

表3 粘度と嚥下量を説明変数とし口蓋舌筋活動を目的変数とした際の重回帰分析結果

被験者	重相関係数	F	標準偏回帰係数	
			粘度	嚥下量
1	0.562	9.47	0.530*	0.203
2	0.745	25.7	0.699*	0.287*
3	0.740	25.4	-0.731*	0.113
4	0.485	19.8	-0.090	0.690

(* $p < 0.01$)

館村 卓

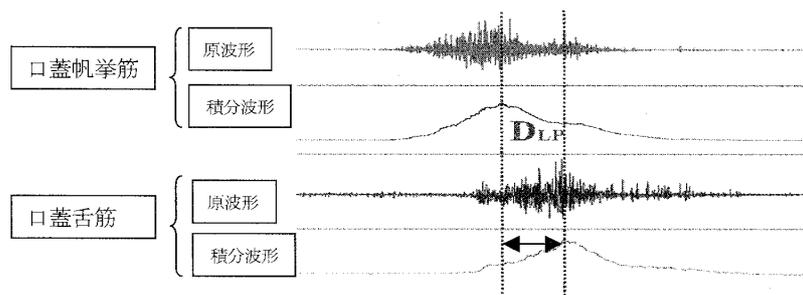


図6 移行段階に要する時間の測定方法。それぞれの積分波形の peak 間の時間 (D_{LP}) を測定した。

3. 口腔期から咽頭期への移行段階に要する時間とその意義

口腔期から咽頭期への移行段階は口蓋帆の挙上から奥舌の挙上までの間であり、この間に通過する食物量が一回嚥下量と考えることができる。そこで、口蓋帆挙筋活動と口蓋舌筋のそれぞれの積分波形の peak 間の時間 (D_{LP}) を計測し、この移行段階の時間の調節に粘性と嚥下量が影響するかを6人の被験者で検討した (図6)。

結果

いずれの被験者においても粘性や量に変化しても D_{LP} は変化せず、個人毎に一定であった (表4)。すなわち、口蓋帆が挙上して口峽を食物が通過し始めることで口蓋舌筋の活動の trigger が生じ、食物の物性や量に関わらず、口峽開大後から個人ごとに固有の時間差で奥舌は挙上することを示している。筋紡錘の量や密度から見て口蓋舌筋が反射的に収縮することが示されているが、口蓋帆が挙上する際に前口蓋弓に収容されている口蓋舌筋は一気に伸展される。この口蓋帆の挙上運動が trigger となって口蓋舌筋は反射的に収縮し、食塊を切断すると思われる。

表4 移行段階の時間 (sec)

被験者	移行段階の時間 (sec)	
	平均値	標準偏差
1	+0.22	0.07
2	+0.14	0.07
3	+0.35	0.06
4	+0.16	0.08
5	+0.22	0.06
6	+0.34	0.09

臨床的意義

peak 間の時間が量や物性に影響を受けないことで、1 回嚥下量とは口峽の開大から再閉鎖までの間に口峽を通過した量ということになる。したがって、粘性が上昇した場合の一口嚥下量が減少するのは、粘性が付与されることで口峽の開大から再閉鎖までに口峽を通過する食物の volume speed が低下するためと思われる。口腔内に含んだ量や粘性によって口峽の開大量が影響されるのと異なり、挙上した口蓋帆と奥舌との間で口峽を再閉鎖する運動は食物が持つ感覚情報を参考にしていないことがわかる。言い換えると、一旦開放された口峽を食物が通過し始めると食物の移送が著しく遅れる場合 (例えば乾燥したパンを丸のみした状態) や滑り易いにも関わらず奥舌と口蓋帆での切断が難しい場合 (例えば餅のようにちぎれにくいものや口蓋舌筋の収縮力が低下しているような高齢者) であっても誤嚥防御機構が作動しにくくなることを示しており、乾燥したパンや餅などが窒息事故を引き起こす背景の一端ではないかと思われる。

4. 低粘度の液体と口蓋帆挙筋活動

以上の実験から誤嚥リスクが高い場合に気道保護のために液体に粘性を与える場合、過度に粘性を高めると移行段階での通過量が減少することで一回嚥下動作で摂取できる水分量は減少する。したがって、必要水分量を経口的に確保するためには、水分は「流れる液体」として提供したい。実験2での食品試料のイメージは、「水状 ($0\text{Pa}\cdot\text{s}$)、ヨーグルト状 ($2.0\text{Pa}\cdot\text{s}$)、水あめ状 ($4.6\text{Pa}\cdot\text{s}$)」であった。すなわち、実験2で得られた結果は、低粘性の液体での粘性の相違に依存する筋活動の変化を見たものではなく、低粘度のニュートン流体、低粘度の非ニュートン流体、高粘度の固体に対する生体の反応

食物物性および一口量の嚥下機能に対する影響

を比較しているともいえる。すなわち、臨床現場での要求である、低粘性であって、同時に粘性が近似している試料での微細な粘性の相違も検出して口蓋帆の挙上量を調節しているかは明らかでなかった。

実験4の目的は、近似した食品レオロジー特性のわずかな相違と口蓋帆咽頭閉鎖機能との関係を明らかにすることであり、口腔から咽頭に至るまでに粘度が変化しないニュートン特性を有する「水」と「牛乳」を用いて検討した。

嚥下作業

水と牛乳（明治「おいしい牛乳」）5回ずつ計10回の試行によって得られた牛乳と水での至適嚥下量の平均量を実験時における作業量とした。すなわち、同量の水と牛乳の嚥下を指示した。

結果

水に近い粘性のニュートン流体である牛乳を水と同じ量嚥下した場合の筋活動は、水よりも有意に小さかった（表5）。すなわち、低粘度のニュートン流体嚥下時の口蓋帆咽頭閉鎖機能は、粘性の相違を検出して、調整されていることが示された。さらに牛乳は同じ量の水よりも小さな筋活動で嚥下できることがわかった¹⁾。

表5 同量の水と牛乳を嚥下した際の口蓋帆挙筋活動

試料	n	筋活動 (%)		t-value	P
		m	SD		
水	10	87.3	5.5	5.1	0.0003
牛乳	10	77.6	6.0		

臨床的意義

長期に非経口摂取であった場合には口蓋舌筋は拘縮し、口蓋帆挙筋は廃用性に委縮している可能性がある。すなわち、口蓋帆の挙上が困難で、かつ舌と口蓋帆は開大することが困難になっている。そこで、長期非経口摂取状態にあった症例への経口摂取訓練の開始にはミルクと同様の物性のものから開始し、徐々に粘性を低下させることによって口蓋帆挙筋機能を賦活し、口蓋帆の挙上量を増大させるのが良いと思われる。

5. ずり速度依存性粘度と口蓋帆挙筋活動

食品の粘性の評価にB型粘度計が用いられることがある。しかしながら、口腔内での食品の動きは、B型粘度計における単純なローターを回転させたような定常的な動きではない。すなわち、舌と口蓋によって押しつぶされつつ、咽頭方向に運搬されている。したがって、食塊にはずり速度が生じる。口蓋帆の挙上量の調節が口腔内での食物物性や摂取量に影響されることが明らかになったが、その物性としてB型粘度計で得られるような定常的な粘性であるのかそれとも口蓋と舌とで送り込んでいる間に得られるずり速度依存性粘度の変化を検出して口峽開大量を決定しているかを検討した。

試験試料

用いるトロミ調整食品として、「キサントガム系」(トロメイク SP、明治乳業(株))、「グアガム系」(トロミアップ A、日清サイエンス(株))、「澱粉系」(トロメリン、(株)三和化学研究所)を用いた。これらを「緑茶」(おーいお茶、(株)伊藤園)に混和することで、ゾル食品試料 A, B, C を作成した。

トロミ調整食品の添加量の決定並びに実験試料の調製は、高橋ら¹⁰⁾の報告を参考にして、以下のとおり行った。あらかじめ室温(25℃, SD:2℃)に調温した緑茶100 mlに、規定量のトロミ調整食品をダマにならないように振り入れながら、葉さじを用い、手で120回/分の速さで30秒間攪拌し、60分室温に放置した。

試料の粘度の決定方法

予備実験で、低粘度で試料を作製した場合の粘度の安定性について調べた。その結果、今回、対象とした試料の中で「トロメリン」が最も離水しやすく物性の安定性が低かった。そこで、低粘度で最も離水しやすい「トロメリン」で、長時間安定した性状を維持できる最低の粘度を確認した。すなわち、添加量を調整し、60分後に添加量ごとの粘度(12 rpm)をB型粘度計(TVB-10型、東機産業(株))で評価し、同時に離水の有無を確認した。その結果、60分後に離水を認めず安定した性状を維持することのできる最低粘度である $400 \pm 50 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (25±2℃)を基準の粘度とした。

トロミ調整食品の添加量決定方法

決定した基準粘度が得られるように、各トロミ調整食品の添加量を調整して添加量と粘度の関係を示す式を求め、これらの式から 400 ± 50 mPa·sに粘度を調整するための添加量および管理幅を決定した(表6)。

表6 各試料作成時に使用するトロミ調整食品と添加量

試験資料	トロミ調整食品	添加量 (g)	許容範囲 (g)
A	トロメイク SP	0.8	0.75 - 0.85
B	トロミアップ A	0.9	0.86 - 0.91
C	トロメリン	4.0	3.91 - 4.04

試料のレオロジー特性

各試料における定常ずり粘度を粘弾性測定装置(Physica MCR301, Anton Paar. Inc.)を用いて測定した(図7)。

3種の試料の曲線は、ずり速度2/sで交差し、ずり速度の数値に対応して固有の粘度を示した。すなわち、ずり速度が著しく0/sに近いときには、試料Cの粘度が著しく高く、ついで試料A、Bの順に低くなっていた。2/sより大きいずり速度では、試料

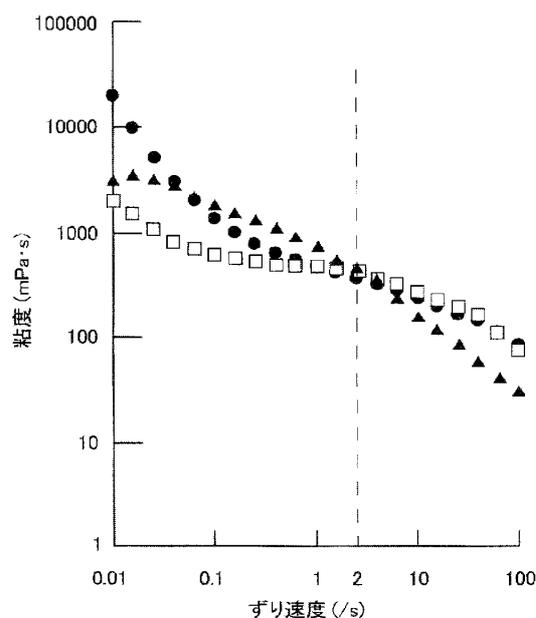


図7 試料の定常ずり粘度のずり速度依存性。▲試料A、□試料B、●試料C。グラフ中の波線は12 rpmで稼働させたB型粘度計でのずり速度(2/s)を示している。

Bと試料Cは、試料Aと比較して、高い粘度をもち、ずり速度に依存する粘度の変化の様相がほぼ同じであった。さらに、B型粘度計の数値と、各試料の特性曲線が交差する点の粘度がほぼ一致しており、このことは、B型粘度計(12 rpm)での測定条件は、2/sのずり速度であることと、3種類の試料が、B型粘度計で同じ粘度であっても、各々が異なるレオロジー特性を有することを示している。

筋活動採取法

本実験での筋電図採取システムは以下の様に変更した。すなわち、生体電気アンプ(EMG 100C, BIOPAC System, Inc.)を用いて、低域遮断周波数50 Hz、高域遮断周波数1 kHz、時定数30 msecで筋電図信号を導出し、得られた信号はMP150システム(BIOPAC System, Inc.)を用いて、パーソナルコンピュータに取り込み、積分筋電図を再現した。

結果

B型粘度計での計測時におけるずり速度2/sec以上でのずり速度でのずり速度依存性粘度の低い試料Aでは、高い粘度の試料B、Cよりも大きな口蓋帆挙筋活動で嚥下していた(Fisher's PLSD 多重比較検定)。すなわち、B型粘度計での計測上は同じ粘度であっても、ずり速度依存性粘度が相違する場合には、ずり速度依存性粘度に反応して口蓋帆挙筋活動を調節することが明らかとなった(表7)¹¹⁾。

表7 各試料嚥下時の口蓋帆挙筋活動量の多重比較結果 ($p < 0.01$)

試料	筋活動量 (% EMG)	
	m	SD
A	84.9	10.7
B	72.9	14.6
C	72.8	14.2

} * }

臨床的意義

食物を口腔内に挿入するだけでは良好な送り込み運動は誘発されない。すなわち、食物が口腔内に挿入された後、自身の舌と口蓋で圧迫する、介護者が食物を後方に押すか舌の上に押しつける、下顎を挙上して口蓋との間で「ずれ」が生じる必要がある。B型粘度計を用いて得られた結果は移行期の調節様

食物物性および一口量の嚥下機能に対する影響

相に限っては反映されず、生理学的にも妥当性の高い速度依存性粘度を指標とする基準が望ましいと思われる。

おわりに

医療現場における経口摂取への取組みは他の医療的介入よりも遅くなる傾向があり、摂食嚥下機能に関わる器官の廃用性変化を生じ、医原性とも言うべき摂食嚥下障害も多く見られる。摂食嚥下障害に陥ったとみなされた場合には経鼻胃栄養チューブやPEG (Percutaneous Endoscopic Gastrostomy 経皮内視鏡的胃瘻 (いろいろ) 造設術) を利用して液体の栄養剤を用いる傾向にある。しかしながら、口腔を含む消化管への負荷が小さいために、消化管の廃用性萎縮が生じて栄養吸収不全となり、入院期間が遷延化する場合もある。社会復帰・参加の支援には早期からの経口摂取の支援が重要であり、摂食嚥下障害への対応は社会的要請となっている。

口蓋帆咽頭閉鎖機能は口腔期から咽頭期の移行段階を担う重要な機能であるが、ヒトに固有のものであり、他の動物を用いた研究ではヒトの誤嚥防止のための方策を考案する上で資するところはなく、ヒトボランティアに頼るしかない。口蓋帆咽頭閉鎖機能についての臨床と研究が多くの施設や機関で行われることを願っている。

本研究は、大阪大学大学院歯学研究科の倫理規定に基づく承諾を得て行われた。

文 献

- 1) 河合利彦、館村 卓、外山義雄、阪井丘芳：低粘性液状食品の粘性の相違が嚥下時の口蓋帆挙筋活動におよぼす影響。日摂食嚥下リハ会誌 13, 128-134 (2009)
- 2) Fritzel B: The velopharyngeal muscles in speech. *Acta Otolaryngol* 250, Suppl, 1-81 (1969)
- 3) Moon JB, Smith AE and Folkins JW: Coordination of velopharyngeal muscle activity during positioning of the soft palate. *Cleft Palate Craniofac J* 31, 45-55 (1994)
- 4) Kuehn DP, Templeton PJ and Maynard JA: Muscle spindles in the velopharyngeal musculature of humans. *J Speech Hear Res* 33, 488-493 (1990)
- 5) 館村 卓、江口ゆかり、野原幹司、尾島麻希、和田 健：水嚥下量と口蓋帆挙筋活動の関係 - 最大努力での blowing 時の筋活動を基準にして -。日摂食嚥下リハ会誌 5, 19-25 (2001)
- 6) Tachimura T, Ojima M, Nohara K and Wada T: Change in palatoglossus muscle activity in relation to swallowing volume during the transition from the oral phase to the pharyngeal phase. *Dysphagia* 20, 32-39 (2005)
- 7) Tachimura T, Okuno K, Ojima M and Nohara K: Change in levator veli palatini muscle activity in relation to swallowing volume during the transition from the oral phase to pharyngeal phase. *Dysphagia* 21, 7-13 (2006)
- 8) 竹安酉桂倫、岩崎幹季、玉城雅史、大澤 傑：頸椎前方固定術後に嚥下障害を生じた2例。中部日本整形外科災害外科学会誌 49, 455-456 (2006)
- 9) 奥野健太郎：嚥下時の口蓋帆挙筋活動の調節に与える嚥下量と粘度の影響。大阪大学歯学雑誌 52, 1-16 (2007)。
- 10) 高橋智子、丸山彰子、大越ひろ：嚥下補助食品としての増粘剤の利便性について - テクスチャー特性及び官能評価からの検討 -。栄養学雑誌 55, 253-262 (1997)
- 11) 河合利彦：食品レオロジー特性が嚥下時の口蓋帆挙筋活動におよぼす影響。大阪大学歯学雑誌 53, 1-10 (2009)

館村 卓

<著者紹介>

館村 卓（たちむら たかし）氏略歴

1981年 大阪大学歯学部卒業

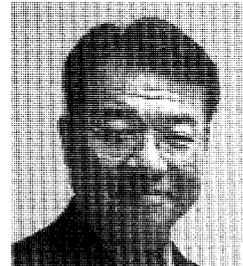
1985年 大阪大学大学院歯学研究科修了（歯学博士）

2000年 大阪大学歯学部附属病院 顎口腔機能治療部 助教授

2006年 大阪大学大学院歯学研究科 高次脳口腔機能学講座 准教授

2006年 社団法人TOUCH^{*}代表理事

（社）日本口腔外科学会 専門医・指導医，顎顔面補綴学会 専門医



*TOUCH 平成18年口腔ケアを通じて「生涯，口から食べることを，そして人らしく生きることを支援する」を合言葉に設立した法人。施設を利用される要介護者（児）の障害の評価と施設職員の知識・技能の評価を行ない，ニーズに応じたケア・サービスが提供できるように支援するプログラム（講習・実習，定期的再評価）の提供を行っている。