

原著論文

嚥下時における舌骨の運動様相と食塊移送の検討

真柄 仁¹⁾, 林 宏和²⁾, 神田知佳²⁾, 堀 一浩²⁾
谷口裕重¹⁾, 小野和宏³⁾, 井上 誠²⁾

¹⁾ 新潟大学医歯学総合病院摂食・嚥下機能回復部

²⁾ 新潟大学大学院医歯学総合研究科摂食・嚥下リハビリテーション学分野

³⁾ 新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命福祉学口腔保健学講座

[受付：平成25年4月7日]

Spatial and temporal relationship between swallow-related hyoid movement and bolus propulsion during swallowing

Jin Magara¹⁾, Hirokazu Hayashi²⁾, Chika Kanda²⁾, Kazuhiro Hori²⁾
Hiroshige Taniguchi¹⁾, Kazuhiro Ono³⁾, Makoto Inoue²⁾

¹⁾ Unit of Dysphagia Rehabilitation, Niigata University Medical and Dental Hospital

²⁾ Division of Dysphagia Rehabilitation, Department of Oral Biological Science,
Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

³⁾ Division of Oral Science for Health Promotion,
Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

[Received: April 7, 2013]

Key words: hyoid movement, bolus propulsion, videofluorography, dysphagia

Abstract: The present study was undertaken to validate how descent of the hyoid position, considered as a pathological condition of dysphagia, affect swallowing function by evaluating spatial and temporal hyoid excursion, hyoid position and bolus transmission in healthy volunteers and patients with dysphagia.

All subjects, including 65 patients with dysphagia and 10 normal volunteers, were examined using videofluorographic images. These images were analyzed to measure the time series of hyoid movement and bolus transmission based on the moment the tip of the tongue starts to move. The hyoid position was also investigated, and the origin was defined on the anterior ridge of the fourth cervical vertebra. Statistical comparison between both groups was then performed.

The oral and pharyngeal transit times were prolonged in the patient group; in addition, entry of the bolus head into the pharynx was significantly earlier than the start of pharyngeal swallowing (start of the rapid hyoid elevation). There was no significant difference in the hyoid position between the two groups when the origin was defined on the

anterior ridge of the fourth cervical vertebra. Further evaluation was performed by classifying patients with dysphagia by the diseases causing their dysphagia. A similar hyoid trajectory among the classified groups was observed after the onset of the swallowing reflex; in contrast, the hyoid bone showed complicated movement before the swallowing reflex occurred. The hyoid position may affect the delay in the swallowing onset because positive correlation between the distance and time of hyoid movement was observed before swallowing reflex in some diseases.

抄録 本研究は、嚥下障害のある患者と健常者の舌骨運動時間と距離、舌骨位、および食塊移送のタイミングを比較することにより、嚥下障害における病態の一つと考えられる舌骨位の下垂が嚥下機能にどのように影響しているかを検証することを目的とした。

対象は、嚥下障害を主訴として来院され嚥下造影検査を行った65名の患者（以下患者群）、対照として健常被験者10名（以下健常群）とした。得られたデータから、舌尖の運動開始を基準に舌骨運動・食塊移送の時間経過を計測し、また、第四頸椎前下縁を基準として舌骨位を計測し、患者群と健常群で比較を行った。

患者群では食塊移送時間が口腔、咽頭ともに延長しており、更に食塊の咽頭流入は嚥下反射惹起を示す急速な舌骨挙上と比べ有意に先行していた。第四頸椎を基準とした場合、患者群と健常群に明らかな舌骨位の違いは認めなかった。疾患別の検索を行うと、嚥下反射以降は各疾患とも類似した舌骨の動きが認められたが、嚥下反射前は複雑な軌跡を示した。いくつかの疾患では、嚥下反射惹起前の舌骨の移動距離と移動時間に正の相関関係が認められたため、舌骨位が嚥下反射惹起遅延に影響を与えている可能性が考えられた。

キーワード：舌骨運動、食塊移送、嚥下造影検査、嚥下障害

I. 緒言

嚥下は、広義には食塊を口腔から胃へ搬送する一連の消化管活動を指す。中でも、食塊が咽頭を通過する狭義の嚥下、すなわち嚥下咽頭期には、咽頭・喉頭の筋の他、顎顔面、舌、舌骨筋群などが関与し、嚥下のパターン発生源の制御下で一定の活動様式を示す¹⁾。その際、咽頭筋や舌筋とともに舌骨上筋群が収縮して舌骨が上前方に移動し、これに追従する形で舌骨下筋群の収縮により喉頭が挙上し、合わせて輪状咽頭筋の弛緩と収縮が連続的に生じて食塊は食道入口部を通過する。一方、これらの活動は、食塊が喉頭に侵入するのを防ぐ気道防御にも関わっており、複雑で緻密に制御された動きは、ヒトを含めたすべての哺乳類でわずか0.6から1.0秒程度で遂行される¹⁾。脳血管疾患や加齢などの理由によりこの嚥下反射時の一連の活動の協調性が崩れることで、食塊の咽頭残留、喉頭侵入や誤嚥を生じ、結果、死の原因ともなりうる誤嚥性肺炎を招く²⁾。高齢者では、咽頭への食塊流入に対する嚥下反射惹起の遅れにより喉頭侵入のリスクが高まるという報告がある³⁾。以上のような嚥下咽頭期は、嚥下障害の臨床において最も大切な評価対象と

なる。

嚥下障害における主たる病態のひとつに喉頭や舌骨下垂があげられる。舌骨・喉頭複合体の前方移動量の低下は、喉頭侵入、誤嚥のリスクを高めていたという報告や⁴⁾、頭頸部腫瘍術後患者は、舌骨移動量の減少が認められたという報告がなされている⁵⁾。

しかしながら、食塊移送に伴う嚥下反射のタイミングで示される時間的要素と、舌骨位やその移動量で示される空間的要素との協調性を定量的に調べた報告は少ない。本研究では、嚥下障害を主訴に来院された患者と健常者の嚥下動態を比較して、安静時の舌骨位や嚥下咽頭期における舌骨の運動様相および食塊移送との協調性について検証することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者および検査方法

対象は、嚥下障害を主訴として当科に来院され、嚥下造影検査（Videofluorography, VF）の実施に同意した65名の患者（男性55名、平均年齢71歳）（患者群）および対照として20-30代の健常被験者10名（男性8名、

平均年齢29歳) (健常群) とした。患者群の内訳は、神経筋変性疾患16名、脳血管疾患12名、口腔腫瘍術後8名、呼吸器疾患10名、消化器疾患10名、その他の疾患が9名であった。VF検査時点で、いずれの患者も直接訓練を含む何らかの経口摂取を行っていた。また、患者群においては、VF施行時に誤嚥がみられなかった症例を選択した。その理由として、検査食であるとりみ付液体を誤嚥するような重度の嚥下障害患者は、舌骨・喉頭の運動量が極めて小さい場合が考えられ、それらのデータを含めることによる分散の増大、舌骨位計測の偏りを避けるためである。なお、本研究は新潟大学歯学部倫理委員会の承認を得た後に、被験者には本研究の目的と主旨を説明し、同意を得て行われた。

被験者には、90度座位・頸部中間位の姿勢をとらせた。検査食は2% w/w のとりみ付与(トロミアップパーフェクト、日清オイリオ)を施した40% w/v 硫酸バリウム溶液3 mlとし、検査者が被験者の舌下部にシリンジにて注入した後に、被験者が各自のタイミングで嚥下(Dipper type swallow)⁶⁾するように指示し、VF側面画像(図1)の撮影を行った(ULTIMAX 80, 東芝メディカル)。撮影時、おとがい下部正中に直径11 mmの鉄球を貼付し、これを実測値計測の際の基準とした。撮影された映像を30コマ/秒のサンプリング速度にてパーソナルコンピュータに取り込んだ。

2. 画像の解析方法

画像解析は、画像ソフト(ImageJ ver.1.45, National Institutes of Health)を用いて行った。

画像結果より、A 随意嚥下開始に伴う舌尖の運動開始、B 舌骨挙上運動開始、C 嚥下反射開始に伴う急速な舌骨挙上開始、D 舌骨の最前上方位到達、E 舌骨の急速下降開始、F 嚥下終了後の舌骨安静位、の各時刻を舌尖の運動開始を基準として計測した(図2)。

舌骨位および運動の計測に際し、過去の報告に基づき、第四頸椎の前下縁を原点、第二頸椎および第四頸椎の前下縁を通過する直線をY軸、Y軸に直交して原点を通過する軸をX軸とした座標系を設定した^{4, 7-8)}。各計測項目の画像における舌骨大角前下縁の座標点を舌骨位とし、原点からのX-Y座標点(mm)で計測した(図1)。

さらに、食塊移送の状態を調べる目的で、I 食塊先端が下顎枝後縁を通過(食塊の咽頭流入開始)、II 食塊後端が食道入口部に到達、III 食塊後端が食道入口部を通過、の各時刻を舌尖の運動開始を基準として求めた(図2)。

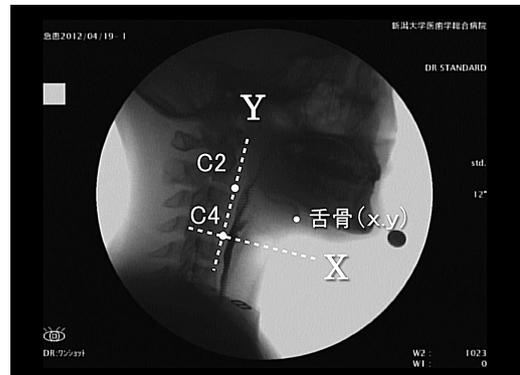


図1 舌骨位の計測方法

舌骨位の計測：C4、第4頸椎の前下縁＝原点(0, 0)；C2、第2頸椎の前下縁；Y軸、C2とC4を通過する直線；X軸、Y軸に直交して、原点を通過する軸；舌骨位、原点からのX-Y座標点(x, y)(mm)

Fig. 1 Setting of the reference axes to measure the hyoid movement.

C4, anterior ridge of fourth cervical vertebra, defined as the origin of the coordinate axis; C2, anterior ridge of second cervical vertebra; Y axis, the line passing through both C2 and C4; X axis, the line perpendicular to the Y axis passing through the origin (C4); hyoid position, X-Y coordinate point (x, y), relative to the origin.

全パラメータを対象として、健常群と患者群の平均値を比較した。また、疾患別の検索では、平均値の比較に加え、舌骨挙上開始から急速な舌骨挙上までの舌骨移動時間および移動距離に関して、値の相関関係を検討した。

3. 統計検定

健常群と患者群の同一のイベント間に要した時間や動きの比較にはマンホイットニーのU検定、同一群内の舌骨運動と食塊流入のタイミングの比較にはウィルコクソン符号順位和検定、舌骨移動時間と移動距離の相関関係はスピアマンの順位相関係数を用いて解析を行い、いずれも5%を有意水準とした。

Ⅲ. 結果

1. 舌骨の動きと食塊移送にかかる時間経過との比較

舌尖の運動開始を基準とした舌骨運動と食塊移送の時間経過を比較すると、患者群では遅延していた(図3)。

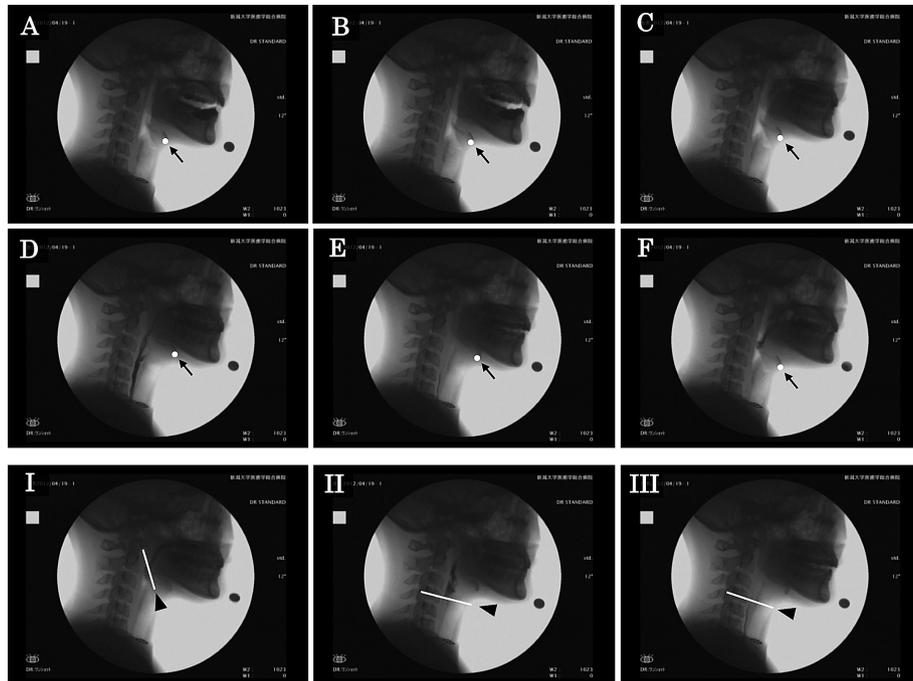


図2 VF画像上で定められる各時刻

A, 随意嚥下開始に伴う舌尖の運動開始; B, 舌骨挙上運動開始; C, 嚥下反射開始に伴う急速な舌骨挙上開始; D, 舌骨の最前上方位到達; E, 舌骨の急速下降開始; F, 嚥下終了後の舌骨安静位; I, 食塊先端が下顎枝後縁を通過; II, 食塊先端が食道入口部に到達; III, 食塊後端が食道入口部を通過。
 図中の矢印は、A - Fでは舌骨大角前下縁を示す。図中の矢尻は、IとIIでは食塊先端、IIIでは食塊後端の位置を示す。

Fig. 2 Identified points on videofluorographic images.

A, start of tongue tip movement; B, start of hyoid movement; C, start of rapid hyoid elevation identical to onset of swallowing reflex; D, hyoid bone reaching the most up-forward position; E, onset of rapid hyoid descent; F, return to resting position; I, passage of the bolus head through the posterior ridge of mandibular ramus; II, the head of bolus reaching the upper esophageal sphincter; III, passage of the bolus tail through the upper esophageal sphincter.

Arrows in A-F indicate the anterior inferior ridge of hyoid bone. Arrowheads in I-II and arrowhead in III indicate the head of bolus and the tail of bolus, respectively.

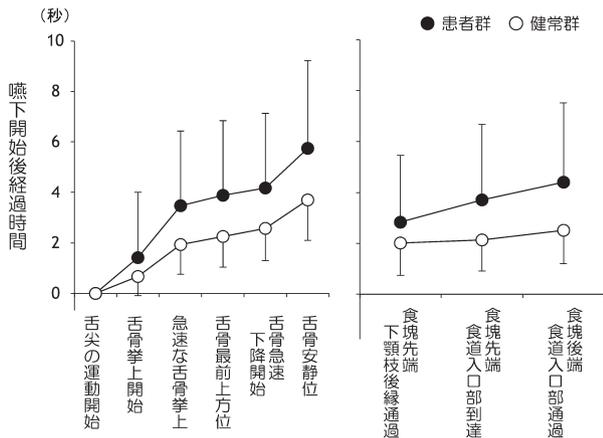


図3 各計測項目点における舌骨運動(左)と食塊移送(右)にかかる時間経過の比較. 舌尖の運動開始を基準とした。

Fig. 3 Comparison of the time series of hyoid movement (left) and bolus propulsion (right) at each measurement point. Time zero was defined as the start of tongue tip movement.

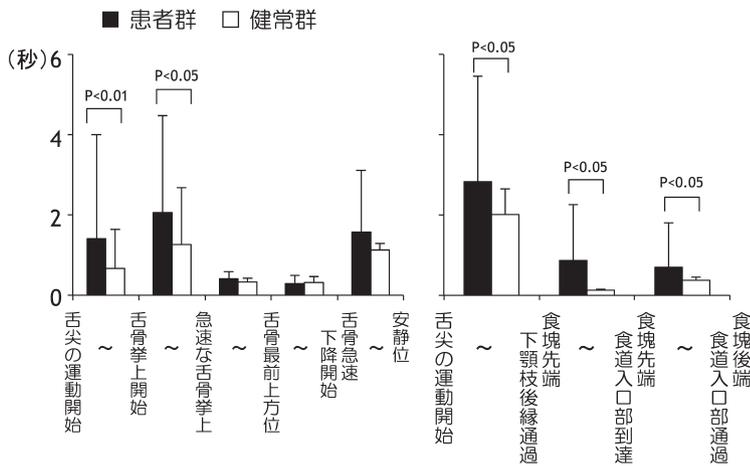


図4 舌骨運動（左），食塊移送（右）の各イベント間に要した時間とその比較（マンホイットニーU検定，有意水準：5%）

Fig. 4 Comparison of the time between measurement points during hyoid movement (left) and bolus propulsion (right) (Mann-whitney u-test, $\alpha=0.05$)

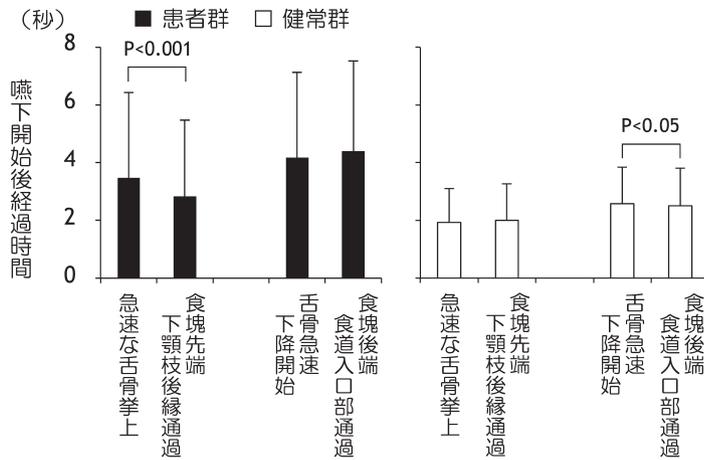


図5 患者群（左），および健常群（右）における食塊の咽頭内流入と舌骨の動きのタイミングの比較。舌尖の運動開始を0秒とし，各イベントまでに要した時間を示す。（ウィルコクソン符号順位和検定，有意水準：5%）

Fig. 5 Comparison of the cooperation between hyoid movement and pharyngeal bolus transport in patients (left) and controls (right). Time zero was defined as the start of tongue tip movement. (Wilcoxon signed-rank test, $\alpha=0.05$)

また，各イベント間に要した時間の比較では，健常群に比べ，患者群では舌尖の運動開始から舌骨挙上開始，および舌骨挙上開始から嚥下反射惹起に伴う急速な舌骨挙上までの時間が有意に延長し，食塊移送にかかる時間も延長していた（図4）。嚥下反射開始を示す急速な舌骨挙上を基準として，食塊の咽頭流入の指標となる食塊先端の下顎枝後縁通過を比較すると，健常群では有意差は認められないものの，急速な舌骨挙上が先行する傾向を認めたが，患者群では有意に食塊移送が先行し，嚥下反射惹起前の食塊の咽頭部早期流入傾向を示した（図5）。一方，嚥下反射終了を示す舌骨急速下降開始と食塊後端の食道入口部通過を比較したところ，健常群では，有意に食塊移送が先行するのに対し，患者群では有意差は認めないが食塊移送が遅れる傾向が認められた

（図5）。

また，食塊移送に関して，患者群では食塊の咽頭内通過時間が有意に延長していた（図6）。

2. 頸椎を基準とした健常群，患者群の舌骨位の違い

第四頸椎を原点とした舌骨運動の軌跡を比較したところ，舌骨最前上方位，安静位を含め，患者群と健常群の舌骨位に有意な差は認められなかった（図7）。しかしながら各イベントの舌骨位に関して，患者群では，変動係数がX座標（0.145～0.191），Y座標（0.412～0.802）で，健常群はX座標（0.080～0.142），Y座標（0.300～0.997）であり，両群ともY座標ではX座標に比べより大きな個人差が認められた。また，X軸座標に関しては健常群より患者群のほうが変動係数は大きく，水平移動量の個人

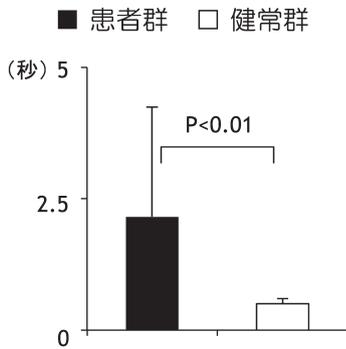


図6 患者群, 健常群における食塊の咽頭内通過時間 (マンホイットニー U 検定, 有意水準: 5%)

Fig. 6 Pharyngeal bolus transport time between the groups. (Mann-whitney u-test, $\alpha=0.05$)

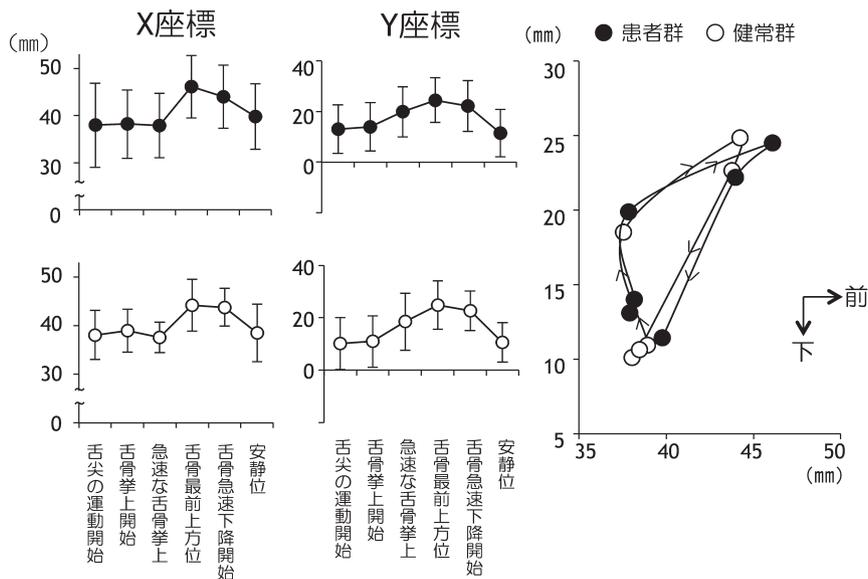


図7 第4頸椎を原点とした舌骨運動の軌跡の比較

各計測項目における舌骨位のX座標 (左), Y座標 (中), および舌骨運動の矢状面の軌跡 (右).

Fig. 7 Comparison of the trajectory of hyoid movement. The origin was defined on the anterior ridge of the fourth cervical vertebra. The figure indicates the absolute value of the hyoid position along the X-coordinate (left) and Y-coordinate (middle). The right figure indicates the trajectory of hyoid movement in the sagittal plane.

差が考えられた。

3. 疾患別による舌骨の移動時間と移動距離

舌骨移動時間に関して各イベント間に要した時間の比較では, いずれの疾患も健常群と比べると嚥下反射惹起に伴う急速な舌骨挙上までの時間が延長しており, これらに有意差は認められないものの, 疾患により相違を認めた (図8). 一方, 急速な舌骨挙上 (反射惹起) 以降の各イベントは同様な時間経過となっていた。

舌骨の移動軌跡に関しては, 各疾患とも反射惹起以降

の軌跡に比べ, 反射惹起前は複雑な運動を呈していた (図9). 舌骨位の有意差は認めなかったが, 患者群は上方への移動量が少ない反面, 前方移動量大きい傾向が認められた。

嚥下反射惹起前の舌骨挙上開始から急速な舌骨挙上までの舌骨移動距離と要した時間との間の相関を調べたところ, 呼吸器疾患と消化器疾患では正の相関を認めたが, 神経筋変性疾患や脳血管疾患, 口腔腫瘍術後では相関関係が認められなかった (図10).

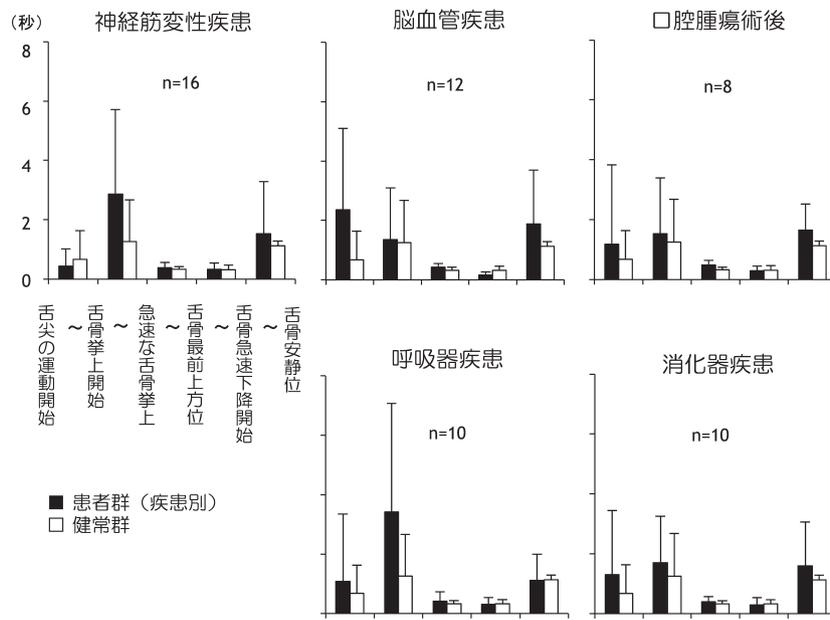


図8 疾患別の舌骨運動の各イベント間に要した時間の健常群との比較
 神経筋変性疾患，脳血管疾患，口腔腫瘍術後，呼吸器疾患，消化器疾患の舌骨運動の各イベント間に要した時間を健常群と比較して示す。(マンホイットニー-U検定，有意水準：5%)

Fig. 8 Comparison of the time between measurement points during hyoid movement in neurological disease, cerebrovascular disease, post operative oral cancer, pulmonary disease, and alimentary disease compared with healthy volunteers. (Mann-whitney u-test, $\alpha=0.05$)

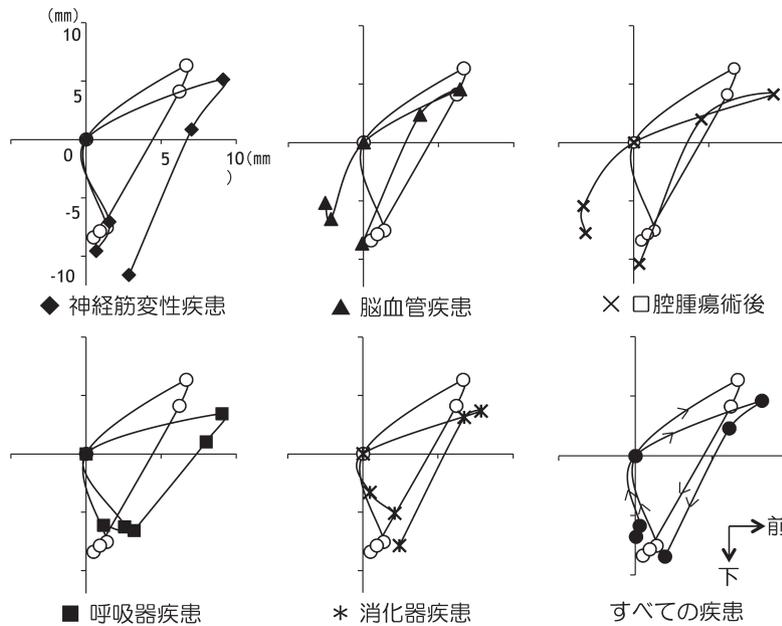


図9 嚥下反射惹起開始である急速な舌骨挙上位を原点とした疾患別の舌骨運動の矢状面の軌跡とその比較
 Fig. 9 Comparison of the hyoid trajectory in classified groups in the sagittal plane. The origin was defined to be the point of the start of rapid hyoid elevation that was simultaneous with the onset of the swallowing reflex.

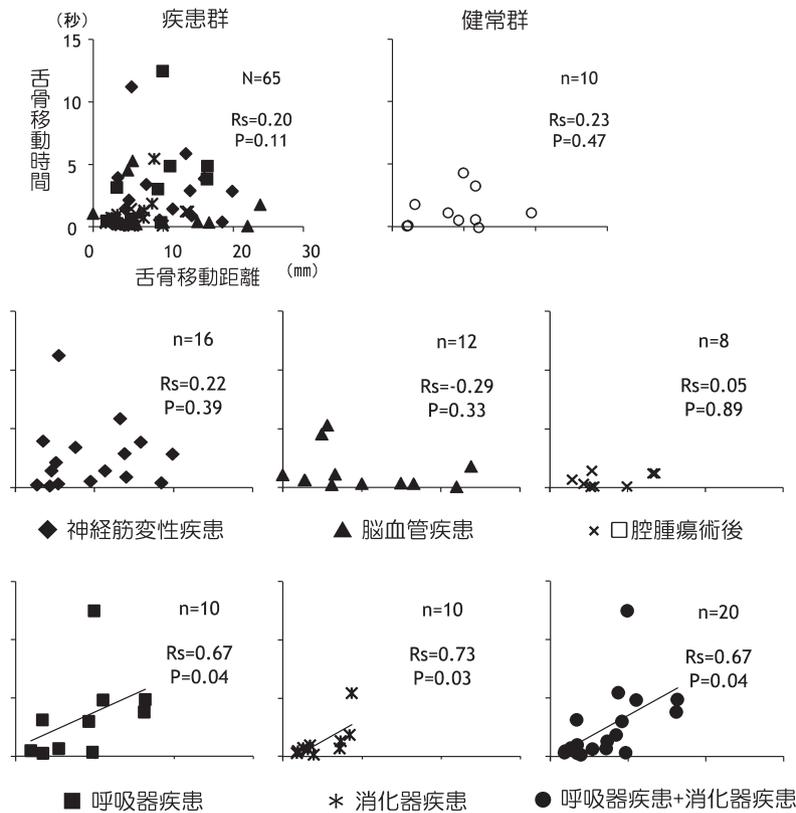


図10 舌骨挙上から急速な舌骨挙上までの舌骨移動距離と移動時間との関係
 神経筋変性疾患 (◆), 脳血管疾患 (▲), 口腔腫瘍術後 (×), 呼吸器疾患 (■), 消化器疾患 (*), 呼吸器疾患+消化器疾患 (●) における疾患別の相関を示す。(スピアマンの順位相関係数, 有意水準: 5%)

Fig.10 Correlation between the distance and time duration of hyoid movement from start of the hyoid movement to start of the rapid hyoid elevation in neurological disease (◆), cerebrovascular disease (▲), post-operative oral cancer (×), pulmonary disease (■), alimentary disease (*), and the both pulmonary and alimentary disease (●). (Spearman's rank correlation coefficient, $\alpha=0.05$)

IV. 考 察

1. 食塊移送のタイミング

患者群では、舌尖の運動開始から舌骨の急速挙上開始まで、すなわち随意運動開始から嚥下反射惹起までの時間が延長していたが、その後の舌骨運動の時間経過、すなわち嚥下咽頭期における舌骨運動にかかる時間については両群間で差が認められなかった。

過去の報告では、咽頭への食塊流入に対する嚥下反射惹起の遅れにより喉頭侵入のリスクが高まったという報告³⁾があり、特に高齢者にその傾向が認められている。また、嚥下障害を呈する筋萎縮性側索硬化症例では、嚥下反射前の食塊咽頭早期流入、クリアランスタイムの

延長があり、喉頭侵入、誤嚥のリスクが高いこと⁹⁾、同様に、脳梗塞患者で誤嚥のある患者は嚥下反射惹起遅延や、咽頭通過時間の延長に加え、喉頭閉鎖時間の短縮を認めたことが報告されている¹⁰⁾。本研究では、患者群において、口腔、咽頭内の食塊移送時間がともに延長していた。特に嚥下咽頭期では咽頭への食塊流入に対する嚥下反射惹起時間の遅延を認め、これらの嚥下運動の協調性が崩れていたことは、喉頭侵入や咽頭残留につながるリスクを増長すると考えられる。

咽頭期の食塊移送と喉頭挙上、咽頭収縮のタイミングに関して、食塊の物性の違いにより嚥下タイミング、喉頭挙上時間の変化が生じ¹¹⁾。食塊量が多くなるほど移送時間が延長する¹²⁾ことが知られている。本研究では1

種類の検査食であったが、食塊の物性や量の違いによる嚥下のタイミングの変化や、舌骨の運動様相の検索も必要である。

2. 舌骨位測定の基準と舌骨移動量

舌骨位は、健常群と患者群の間で有意な差が認められなかった。その理由の一つには、基準点の設定位置の問題が考えられた。これまでの報告では、舌骨位やその運動量測定の基準点を頸椎としているものが多く、本研究でも、その中でも特に報告の多い基準点の一つである第四頸椎前下縁を原点とし、第二・第四頸椎前下縁を結ぶ線をY軸とするものを選択した^{4,7,8)}。一方で、第三頸椎前上端と第五頸椎下端をY軸とし、第五頸椎を原点としている報告もある¹³⁻¹⁴⁾。Steeleらは頸椎間距離が男性で女性よりも有意に大きかったと述べており⁴⁾、健常者においても頸椎椎間板の加齢変化として狭小化が生じ¹⁵⁻¹⁶⁾、頸椎や、椎間板自体が様々な要因で変化していることが考えられる。本研究の結果においても、舌骨位のY座標の変動係数は健常群、患者群ともに大きく、頸椎や椎間板の男女差や年齢差などが影響した可能性が考えられた。

また測定方法に関して、第二・第四頸椎を基準にした場合と第二・第五頸椎を基準にした場合、舌骨位の計測結果に有意に差が認められている⁵⁾。さらに、画像解析時の測定誤差は考慮しなければならない¹⁷⁾。

健常若年者と健常高齢者を対象にVF画像を解析し、カンペル平面を基準面とした場合には舌骨の動きと食道入口部の開大に相関が認められ、嚥下造影検査の基準としてカンペル平面は有用であったと述べた研究がある¹⁸⁾。一方で、下顎下縁平面を1つの基準として、液体の連続嚥下の際に舌骨の挙上を下顎下縁平面を超えない場合に機会的な喉頭侵入像がより多く認められており¹⁹⁾、下顎に対する舌骨・喉頭複合体の挙上量や位置は嚥下動態を反映する可能性が考えられる。舌骨は舌骨上筋群と下筋群により結ばれ、下顎と喉頭の間位にある解剖学的な点を考慮しても、舌骨・喉頭下垂という病態を考える上で、頸椎を基準として舌骨位を考えることには議論の余地があると考えられた。

舌骨の移動量に関しては、本研究では健常群における水平移動量が 9.56 ± 2.18 mm、垂直移動量が 16.0 ± 6.7 mmであった。健常被験者で同量の食塊3 mlの液体を用いた過去の報告では、水平移動量が 9.7 ± 1.4 mmで、垂直移動量が 12.1 ± 1.1 mmであり²⁰⁾、また過去の評論では5 ml以下の食塊のみに注目すると、水平移動量約9.0～18.0 mm、垂直移動量が約7.8～18.0 mmと幅のある

範囲で示されており²¹⁾、これらの値と本研究の舌骨移動量は大きく乖離はしていないものの、舌骨移動量の計測は被験者の嚥下機能、年齢層のみならず、検査食の物性や量、計測指標の違いによりその数値は異なると考えられた。また、頸椎を基準にした場合、患者群は健常群に比べると舌骨の上方移動量はやや減少し、前方移動量が増加する傾向にあり、過去の報告の健常高齢者のデータと一致していた¹⁸⁾。前方移動量の増加は、加齢、もしくは嚥下機能低下による舌骨・喉頭複合体の挙上不足を補う代償的なものであり、また、これらの個人間の差が患者群の舌骨位のX座標の変動係数にも表れた可能性が考えられた。今後、筋電図や舌圧計測などを駆使して、舌骨移動量の違いを評価する方法を考えていきたい。

3. 舌骨移動時間と舌骨移動距離の関係

本研究では、患者群において、随意嚥下開始から嚥下反射惹起までの時間が健常群に比べて延長していたが、その後の急速な舌骨挙上以降の舌骨運動の時間経過、すなわち嚥下咽頭期における舌骨運動に関わる時間については両群で差が認められなかった。さらに、患者群では健常群に比べ、舌骨移動時間や移動距離において標準偏差が大きく、バラツキが認められたため、原疾患による何らかの違いが予測された。

嚥下反射惹起前の舌骨位および移動時間に注目した結果、疾患別の違いが認められた。舌骨移動距離に関する過去の報告では、特定の疾患のみに着目した報告が散見され、頭頸部腫瘍術後患者で舌骨挙上、及び前方移動量が低下していた^{5,22)}、あるいは、脳血管疾患患者を対象に、誤嚥のある患者は舌骨の挙上時間が短い傾向にあったという報告がある⁷⁾。一方、舌骨移動時間に関する既報として、Kendallらは、嚥下障害のある高齢者と健常高齢者、健常若年者の食塊の咽頭流入と舌骨移動のタイミングを比較し、高齢者では食塊の咽頭移送に対する舌骨挙上開始の遅れが有意に認められたと述べている²³⁾。この報告の中で、嚥下反射惹起後の舌骨挙上のサイクル時間に差が認められなかったという結果は、本研究で得られた嚥下咽頭期の舌骨移動時間が健常群、疾患群の両群で差がなかったという知見と一致している。

舌骨移動距離と移動時間の相関関係を分析した研究は、我々が知りうる限りでは過去に報告例がない。舌骨挙上開始から急速舌骨挙上までの舌骨移動距離が短い患者は、嚥下反射惹起前の舌骨位が反射惹起地点に近い高位にあり、より短い時間で嚥下反射惹起が可能であり、舌骨移動距離が長い(舌骨・喉頭下垂)患者は、舌骨が反射惹起地点より遠く、嚥下反射惹起には時間を要すと

いえる。今回、呼吸器疾患、消化器疾患に舌骨移動距離と移動時間の間に正の相関を認めたが、神経筋変性疾患や脳血管疾患、口腔腫瘍術後症例では相関が認められなかった。神経筋変性疾患や脳血管疾患は神経学的な問題、口腔腫瘍術後患者は器質的な問題が嚥下反射惹起遅延の理由となり、舌骨位そのものへの影響が少なかったのかもしれない。一方、呼吸器疾患や消化器疾患症例における反射惹起（移動時間）の遅れは、嚥下関連器官の神経学的や器質的な機能低下がないため、舌骨・喉頭下垂を含めた舌骨位（移動距離）の影響が直接反映され、そのことが舌骨移動距離と移動時間の正の相関関係に示されたと考えられる。

本研究の限界として、以下の点が挙げられる。一つめは、対照群を若年健常者としているため、群間の比較では嚥下障害の他に、加齢要因が関わってくる可能性を無視できないことである。加えて、食塊の物性、量による嚥下動態や舌骨位の違いの検討も必要であろう。今後は健常高齢者を対象として追試を行うことに加え、母集団を増やし、病態に応じた細分類を目指すともに、スクリーニング検査上の臨床症状との間に対応するパラメータを検討し、舌骨位などから、嚥下障害パターンへの予測、診断の一助になる可能性を期待する。

V. 結 論

患者群では、食塊移送時間が口腔、咽頭ともに延長しており、嚥下運動パターンと食塊位置のバランスが崩れていた。これらは喉頭侵入や咽頭残留につながると考えられた。第四頸椎を基準とした場合、患者群と健常群に明らかな舌骨位の違いは認めなかった。

疾患別の検索を行うと、嚥下反射以降は各疾患とも似たような舌骨の動きがみられたが、嚥下反射前は単曲線では示されない複雑な軌跡を示し、反射惹起の遅れはその移動距離と移動時間の相関関係から舌骨位の影響が大きいと考えられる疾患が存在した。

文 献

- 1) Jean A. Brain stem control of swallowing: neuronal network and cellular mechanisms. *Physiol Rev* 2001; 81: 929-969.
- 2) Kendall KA, Leonard RJ, McKenzie S. Airway protection: evaluation with videofluoroscopy. *Dysphagia* 2004; 19: 65-70.
- 3) Martin-Harris B, Brodsky MB, Michel Y, et al. Delayed initiation of the pharyngeal swallow: normal variability in adult swallows. *J Speech Lang Hear Res* 2007; 50: 585-594.
- 4) Steele CM, Bailey GL, Chau T, et al. The relationship between hyoid and laryngeal displacement and swallowing impairment. *Clin Otolaryngol* 2011; 36: 30-36.
- 5) Zu Y, Yang Z, Perlman AL. Hyoid displacement in post-treatment cancer patients: preliminary findings. *J Speech Lang Hear Res* 2011; 54: 813-820.
- 6) Dodds WJ, Taylor AJ, Stewart ET, et al. Tipper and dipper types of oral swallows. *AJR Am J Roentgenol* 1989; 153: 1197-1199.
- 7) Kim Y, McCullough GH. Maximal hyoid excursion in poststroke patients. *Dysphagia* 2010; 25: 20-25.
- 8) Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, et al. Temporal and biomechanical characteristics of oropharyngeal swallow in younger and older men. *J Speech Lang Hear Res* 2000; 43: 1264-1274.
- 9) 谷口裕重, 大瀧祥子, 梶井友佳ほか. 筋萎縮性側索硬化症例における舌萎縮と嚥下時の食塊移送との関係. *日顎口腔機能会誌* 2008; 15: 30-37.
- 10) Power ML, Hamdy S, Goulermas JY, et al. Predicting aspiration after hemispheric stroke from timing measures of oropharyngeal bolus flow and laryngeal closure. *Dysphagia* 2009; 24: 257-264.
- 11) Lee SI, Yoo JY, Kim M, et al. Changes of timing variables in swallowing of boluses with different viscosities in patients with dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil* 2013; 94: 120-126.
- 12) Kendall KA, McKenzie S, Leonard RJ, et al. Timing of events in normal swallowing: a videofluoroscopic study. *Dysphagia* 2000; 15: 74-83.
- 13) 藤原和典, 河本勝之, 中山 敏ほか. DIPP-Motion Pro 2D[®] を用いた嚥下動態の解析. *耳鼻臨床* 2010; 103: 1057-1061.
- 14) 中原 学. 嚥下時における舌骨運動のX線学的研究. *日耳鼻会報* 1987; 90: 669-679.
- 15) 石川雅之, 松本守雄, 小川祐人ほか. 健常者における頸椎椎間板及び頸髄の加齢変化. *日脊椎脊髄病会誌* 2004; 15: 55.
- 16) 豊田耕一郎, 田口敏彦, 金子和生ほか. 健常者における頸椎 MRI の検討. *臨整外* 2004; 39: 461-466.
- 17) Sia I, Carvajal P, Carnaby-Mann GD, et al. Measurement of hyoid and laryngeal displacement

- in video fluoroscopic swallowing studies: variability, reliability, and measurement error. *Dysphagia* 2012; 27: 192-197.
- 18) Nakane A, Tohara H, Ouchi Y, et al. Videofluoroscopic kinesiologic analysis of swallowing: defining a standard plane. *J Med Dent Sci* 2006; 53: 7-15.
- 19) Tsushima C, Saitoh E, Baba M, et al. Hyoid movement and laryngeal penetration during sequential swallowing. *J Med Dent Sci* 2009; 56: 113-121.
- 20) Bingjie L, Tong Z, Xinting S, et al. Quantitative videofluoroscopic analysis of penetration-aspiration in post-stroke patients. *Neurol India* 2010; 58: 42-47.
- 21) Molfenter SM, Steele CM. Physiological variability in the deglutition literature: hyoid and laryngeal kinematics. *Dysphagia* 2011; 26: 67-74.
- 22) Kendall KA, McKenzie SW, Leonard RJ, et al. Structural mobility in deglutition after single modality treatment of head and neck carcinomas with radiotherapy. *Head & neck* 1998; 20: 720-725.
- 23) Kendall KA, Leonard RJ. Hyoid movement during swallowing in older patients with dysphagia. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2001; 127: 1224-1229.