嚥下における舌骨運動の X 線学的解析

——男女差及び年齢変化について——

北里大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：設楽哲也教授）

金子 功

A CINEFLUOROGRAPHIC STUDY OF HYOID BONE MOVEMENT DURING DEGLUTITION

ISAO KANEKO, M.D.

Department of Otolaryngology, School of Medicine, Kitasato University, Sagami-hara

A quantitative study was performed to analyze movement of the hyoid bone on swallowing in 71 patients with pharyngo-laryngeal neurosis (44 males, 27 females), who had no abnormal findings either morphologically or functionally. The lateral X-ray cine (30 frames/sec) was taken while the patients swallowed the contrast medium in the upright position, and precise movement of the hyoid bone was examined using a motion analyzer.

The movement was divided into 5 phases; initial slow elevation from the resting position (1st elevation phase), then a quick upwards shift to the highest position (2nd elevation phase), where the hyoid bone remained temporarily (static phase), followed by rapid and slow descending shifts towards the resting position (1st and 2nd descending phase, respectively).

The resting position of the hyoid bone is significantly lower in males than in females and it seemed to get lower with age in both sex. When compared to the younger group (age 10—30), the older group (age 60—70) had significantly more distance and longer duration of deglutition in the 1st elevation phase, whereas the 2nd elevation phase did not differ among the age group.

The results of this study indicate that prolongation of the time and distance of the 1st elevation phase are more significant in the older group, which may well explain the cause of delayed deglutition.

Key words: 嚥下, 舌骨, 喉頭, X 線映画, 年齢変化, 男女差

A 95—0974—60096

緒 言

食塊が誤嚥されず円滑に食道へ運ばれるためには、嚥下時における喉頭の移動が重要な因子である。喉頭は甲状軟骨という硬い枠組みで囲まれ、下咽頭、食道入口部のすぐ前方に位置しており、普段は下咽頭、食道を圧迫し閉鎖している。嚥下時には、喉頭の挙上と前方への運動により咽頭腔と食道を広げ、食塊が通るためのスペースを作り出す。この喉頭運動は下顎骨を起点として舌骨を介し舌骨上筋群、下筋群の作用によ

って行われていることから、喉頭運動の解析と同様に舌骨運動の解析は嚥下動態を観察する上で意義があると考えられる。嚥下動態に関する報告は多く、古くは Saunders¹⁾, Ramsay²⁾, Roberts³⁾ らが嚥下第 1 期および 2 期における各部の動きについて X 線学的に解析している。我が国では、竹中⁴⁾, 井上⁵⁾, 棚橋⁶⁾, 吉田⁷⁾, 進⁸⁾ らが X 線映画および X 線映画と筋電図を組み合わせ嚥下動態の解析を詳細に報告をしている。また、舌骨運動の解析に関しては吉田⁷⁾, 松本⁹⁾, 古沢¹⁰⁾, 中

原¹¹⁾の報告がある。しかしながら、男女差や年齢における運動の変化については検討されていない。従来より喉頭の位置は男女間で差があるとされている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。したがって、嚥下時の喉頭運動も男女の間で差が生じてくる可能性がある。また、日常臨床経験において、老年になるに従い誤嚥する率が増加し、嚥下障害と、それにともなう愁訴の増加に遭遇する。稲木ら¹⁵⁾¹⁶⁾は嚥下機能を評価するスクリーニング法として咽頭クラアランス能の評価により、加齢にともなう嚥下機能低下を示唆している。また古川¹⁷⁾は嚥下時における喉頭運動をX線映画撮影により甲状軟骨の運動から解析し、嚥下動態の年齢変化について報告している。

舌骨運動の解析は中原¹¹⁾により上下方向は5段階、前後方向では4段階に区分し経過時間や運動距離、移動速度について報告されている。そこで今回は舌骨運動の解析をすることにより、正常者の嚥下動態及び男女差、加齢による変化を定量化し検討を行った。臨床のうえで、舌骨運動を定量化することにより、将来的には嚥下障害患者の嚥下機能の評価や、嚥下障害の外科的治療の手術適応の評価、さらに治療効果の評価に役立つと考える。

対 象

咽喉頭異常感を訴え北里大学耳鼻咽喉科を受診し下咽頭・食道透視検査を施行した患者のうち、諸検査の結果、器質的、機能的疾患の認められなかった男性44例、女性27例、計71症例を対象とした。年齢分布を表1に示す。

方 法

被検者を立位としバリウム嚥下時に頸部側面からX線映画撮影を行い、得られたフィルムからMotion analyzerを用いて、舌骨運動を解析した。造影剤は硫酸バリウム100w/v%を使用し、1回嚥下量は20mlとした。撮影は1回の嚥下ごとに行い撮影速度は30コマ/秒に固定した。1コマあたりの露出時間は1/68秒で、撮影条件は65—70kv, 1mAである。撮影時に前頸部正中にマークを貼布し、フィルム計測時に拡大率の補正を行った。舌骨運動解析の測定点として、A：第3頸椎前縁上端、B：第5頸椎前縁下端、C：舌骨体の下端、以上3点をコマ毎に測定した(図1)。このうち、A—Bの2点を結ぶ直線をX軸、Aを通りX軸に垂直な線をY軸と置いて、それぞれを基準線とし、これ

表1 対象例の年齢分布

年 齢	男性(例数)	女性(例数)
10歳代	2	0
20歳代	5	1
30歳代	5	7
40歳代	12	8
50歳代	6	7
60歳代	10	4
70歳代	4	0
計	44	27

図1 X線写真上の計測点及び相対値

に対してのCを舌骨運動の測定点として解析した。測定点の解析はナック製 Motion analyzer モデル350にて行い、舌骨運動を上下方向、前後方向に分解して経時的に移動距離を求め運動曲線を作製した。得られた運動曲線は中原¹¹⁾の分類に準じ、各運動相の時間と距離の男女差、年齢変化を検討した。また移動距離は実測値及び相対値の両者を示した。図1に示すように、A—Bの距離をそれぞれの症例の基準値とし、移動距離の実測値から算出したものを相対値として定めた。

結 果

- (1) 舌骨の安静時および最大挙上時の位置について
図1において、AのY座標値を0、Bを-1とした時、舌骨体下端CのY座標値で、舌骨の位置(高さ)を表した。安静時位置は、平均は -0.43 ± 0.17 で最高挙上位置の平均は、 $1.5 \times 10^{-2} \pm 0.16$ である。
- (2) 嚥下時における舌骨運動について
嚥下時の舌骨運動は、図2のように三角形に類似し

図2 嚥下時の舌骨運動

た曲線を描くように運動しており、3つの部分に大きく分けられる。まず第一に比較的ゆっくりとした挙上運動に始まる。この際後退運動を伴うことが多い（挙上後退運動）。次に舌骨は大きく挙上し、同時に早い速度で前進する（挙上前進運動）。そして最大挙上位置および最大前進位置に停滞した後に、元の位置に復元する運動（下降後退運動）を行う。この一連の運動を、中原¹⁾の経時的運動区分に従って、上下、前後の成分に分けた。上下方向の運動は、挙上第一相、挙上第二相、停滞相、下降第一相、下降第二相の5つに、前後方向は、後退相、前進相、停滞相、（復元）後退相の4つに区分した（図3）。

1) 上下方向運動

a) 挙上第一相

この相は挙上開始からのゆっくりとした挙上運動で平均所要時間は 0.45 ± 0.17 秒で、平均移動距離は 6.2 ± 3.8 mm、平均速度は 17.2 mm/秒であった。

b) 挙上第二相

この相は挙上第一相に続き急速に挙上する運動で、平均所要時間は 0.19 ± 0.08 秒、平均移動距離は 11.8 ± 4.8 mmで、平均速度は 59.4 mm/秒であった。

c) 停滞相

挙上第二相後、舌骨は最大挙上位置に到達した後、停滞相となる。平均所要時間は、 0.33 ± 0.13 秒であった。

d) 下降第一相

この相は停滞相に続いて急速に下降する運動で、平均所要時間は 0.23 ± 0.08 秒、平均移動距離は 8.6 ± 3.5 mm、平均速度は 46.2 mm/秒であった。

e) 下降第二相

この相は下降第一相に続く比較的ゆっくりとした下降運動であるが安静時の舌骨位置までは下降せず途中で終了する。平均所要時間は 0.36 ± 0.14 秒、平均移動距離は 3.3 ± 2.0 mm、平均速度は 10.9 mm/秒であった。

図3 舌骨運動区分

上下方向運動における平均全経過時間（嚥下時間）は、 1.46 ± 0.31 秒で、平均挙上距離（平均最大移動距離）は 17.8 ± 5.4 mmであった。

2) 前後方向運動

a) 後退相

この相は上下方向運動における挙上第1相にほぼ対応して起こるゆっくりとした運動で、後退運動をする症例が多いが、挙上運動のみで前後方向には移動しない症例や逆に前進運動をする症例も認められた。平均所要時間は 0.43 ± 0.19 秒、平均移動距離は 1.2 ± 2.4 mmで、平均速度は 3.1 mm/秒であった。

b) 前進相

この相は後退相に続き急速に前進する運動で、挙上第二相に対応し、開始時期もほぼ一致する。平均所要時間は 0.18 ± 0.07 秒、平均移動距離は 10.6 ± 7.2 mm、平均速度は 64.7 mm/秒であった。

c) 停滞相

最大前進位置に達した舌骨は停滞相に入る。上下方向運動の停滞相にほぼ対応する。平均所要時間は 0.33 ± 0.15 秒であった。

d) （復元）後退相

最大前進位置にとどまっていた舌骨は元の位置に戻るべく復元後退運動を行う。この相は上下方向運動の下降第一相及び下降第二相にほぼ対応する。上下方向運動で舌骨が安静時の位置まで下降しないのと同様に、前後運動でも安静時の位置までは後退しないことが多い。平均所要時間は 0.45 ± 0.22 秒、平均移動距離は 7.9 ± 2.6 mm、平均速度は 27.9 mm/秒であった。

前後運動における平均全経過時間（嚥下時間）は 1.46 ± 0.31 秒で、平均前進後退距離（平均最大移動距離）は 10.2 ± 2.7 mmであった。

(3) 男女差（表2）

表2 舌骨運動の男女差

男女差を認めたもの	男 性	女 性	
安静時位置	-0.47 ± 0.15	-0.36 ± 0.18	*
嚥下時間 (上下方向運動)	1.72 ± 0.38 (秒)	1.33 ± 0.42 (秒)	*
挙上第二相 時 間	0.21 ± 0.08 (秒)	0.16 ± 0.06 (秒)	*
距 離 (相対値)	27.8 ± 10.3	21.9 ± 7.7	*
停滞相時間 (上下方向運動)	0.36 ± 0.14 (秒)	0.29 ± 0.16 (秒)	*

* $P < 0.05$

舌骨運動の各運動相における時間と距離をそれぞれ男性、女性に分け平均値を比較した。距離に関しては個々の症例の解剖学的大きさの違いがあるため実測値ではなく相対値で比較した。

1) 舌骨位置

安静時の舌骨位置は、男性 -0.47 ± 0.15 、女性 -0.36 ± 0.18 で統計学的に有意差を認めたが ($P < 0.05$ t検定, 以下同様), 最高挙上位置は男女に有意差は認められなかった。

2) 上下方向運動

a) 嚥下時間 (舌骨運動の全経過時間)

男性 1.72 ± 0.38 秒, 女性 1.33 ± 0.42 秒で有意差が認められた ($P < 0.05$)。

b) 挙上距離 (上下方向運動最大距離)

男性 40.8 ± 11.8 (19.8 ± 5.5 mm), 女性 35.9 ± 10.5 (15.4 ± 4.3 mm) で有意差は認められなかった。

c) 挙上第一相

所要時間は男性 0.46 ± 0.19 秒, 女性 0.44 ± 0.14 秒, 移動距離は男性 13.7 ± 8.6 (6.5 ± 4.0 mm), 女性 13.2 ± 8.1 (5.6 ± 3.3 mm) でそれぞれ男女間に統計学的な有意差は認められなかった。

d) 挙上第二相

所要時間は、男性 0.21 ± 0.08 秒, 女性 0.16 ± 0.06 秒で有意差が認められた ($P < 0.05$)。移動距離は、男性 27.8 ± 10.25 (13.3 ± 4.9 mm), 女性 21.9 ± 7.74 (9.4 ± 3.3 mm) で有意差が認められた ($P < 0.05$)。挙上第二相は時間、距離とも男性が女性よりも延長していた。

c) 停滞相時間

男性 0.36 ± 0.12 秒, 女性 0.29 ± 0.12 秒で有意差が認められた ($P < 0.05$)。

d) 下降第一相

所要時間は男性 0.23 ± 0.008 秒, 女性 0.24 ± 0.10 秒, 移動距離は男性 18.6 ± 7.5 (8.9 ± 3.4 mm), 女性 18.9 ± 8.5 (8.1 ± 3.6 mm) でそれぞれ男女間に有意差は認められなかった。

e) 下降第二相

所要時間は男性 0.35 ± 0.14 秒, 女性 0.39 ± 0.16 秒, 移動距離は男性 7.5 ± 4.4 (3.6 ± 2.1 mm), 女性 5.8 ± 3.0 (2.5 ± 1.3 mm) でそれぞれ男女間に有意差は認められなかった。

3) 前後方向運動

a) 嚥下時間 (舌骨運動の全経過時間)

男性 1.48 ± 0.31 秒, 女性 1.41 ± 0.31 秒で男女間に有意差は認められなかった。

b) 前進後退距離 (最大移動距離)

男性 21.2 ± 6.3 (10.1 ± 2.9 mm), 女性 24.1 ± 5.9 (10.3 ± 2.4 mm) で男女間に有意差は認められなかった。

c) 後退相

所要時間は男性 0.46 ± 0.21 秒, 女性 0.39 ± 0.15 秒, 移動距離は男性 2.7 ± 5.0 (1.3 ± 2.3 mm), 女性 2.9 ± 5.2 (1.2 ± 2.3 mm) でそれぞれ男女間に有意差は認められなかった。

d) 前進相

所要時間は男性 0.19 ± 0.07 秒, 女性 0.16 ± 0.06 秒, 移動距離は男性 20.4 ± 6.5 (9.6 ± 3.0 mm), 女性 23.0 ± 6.4 (9.9 ± 2.6 mm) でそれぞれ男女間に有意差は認められなかった。

e) 停滞相時間

男性 0.35 ± 0.16 秒, 女性 0.28 ± 0.12 秒で男女間に有

意差は認められなかった。

f) (復元) 後退相

所要時間は男性 0.45 ± 0.16 秒, 女性 0.47 ± 0.29 秒, 移動距離は男性 17.3 ± 5.5 (8.2 ± 2.5 mm), 女性 17.5 ± 6.4 (7.5 ± 2.6 mm) でそれぞれ男女間に有意差は認められなかった。

(4) 年齢変化

年齢は10歳代から30歳代の若年層群, 40歳代から50歳代の壮年層群, 60歳代から70歳代の老年層群の3つに分けて年齢変化を検討した。各相における平均経過時間と移動距離について男性, 女性の平均値をt検定で比較を行い, 統計学的に有意差があれば男女別々に, 有意差がなければ男女を一緒にして加齢による変化を検討した。

A. 位置

a) 安静時位置 (図4)

男性, 女性とも年齢層により変化が認められた。男性では10歳代—30歳代と40歳代—50歳代, 60歳代—70歳代で統計学的に有意差が認められた ($P < 0.01$)。女性では10歳代—30歳代と60歳代—70歳代, 40歳代—50歳代と60歳代—70歳代にそれぞれ有意差が認められた ($P < 0.05$)。

b) 最高挙上位置 (図5)

男女全体で10歳代—30歳代と40歳代—50歳代には有意差が認められなかったが, 10歳代—30歳代と60歳代—70歳代, 40歳代—50歳代と60歳代—70歳代にそれぞれ有意差が認められた ($P < 0.05$)。

B. 時間

1) 上下方向運動

a) 嚥下時間 (図6)

挙上開始から下降終了までの全経過時間を嚥下時間とした。男性では10歳代—30歳代と40歳代—50歳代, 40歳代—50歳代と60歳代—70歳代, 10歳代—30歳代と60歳代—70歳代にそれぞれ有意差が認められた ($P < 0.05, 0.01$)。

しかし女性においては各年齢層間に有意差は認められなかった。

b) 挙上第一相時間 (図7)

男女全体で10歳代—30歳代と40歳代—50歳代, 40歳代—50歳代と60歳代—70歳代, 10—30歳代と60歳代—70歳代にそれぞれ有意差が認められた ($P < 0.05, 0.01$)。

c) 挙上第二相時間 (図8)

男性, 女性とも各年齢層間で有意差は認められな

図4 安静時位置の年齢変化

図5 最高挙上位置の年齢変化

図6 嚥下時間 (上下方向運動) の年齢変化

った。

d) 停滞相時間 (図9)

男性, 女性とも各年齢層間で有意差は認められなかった。

e) 下降第一相時間, 下降第二相時間 (図10)

図7 挙上第一相時間の年齢変化

図8 挙上第二相時間の年齢変化

男女全体で各年齢層間において、それぞれ有意差は認められなかった。

2) 前後方向運動

a) 嚥下時間 (図11)

後退運動開始から復元後退運動終了までの全経過時間とした。男女全体で10歳代-30歳代と40歳代-50歳代、10歳代-30歳代と60歳代-70歳代に、有意差が認められた ($P < 0.01$)。

b) 後退相時間 (図12)

男女全体で20歳代-30歳代と40歳代-50歳代、20歳

図9 停滞相時間 (上下方向運動) の年齢変化

図10 下降第一相および第二相時間の年齢変化

代-30歳代と60歳代でそれぞれ有意差が認められた ($P < 0.05, 0.01$)。

c) 前進相時間 (図13)

男女全体で各年齢層間において、それぞれ有意差は認められなかった。

d) 停滞相時間 (図14)

男女全体で各年齢層において、それぞれ有意差は認められなかった。

e) 復元後退相時間 (図15)

男女全体で各年齢層間において、それぞれ有意差は認められなかった。

C. 距離

図11 嚥下時間（前後方向運動）の年齢変化

図14 停滞相時間（前後方向運動）の年齢変化

図12 後退相時間の年齢変化

図15 復元後退相時間の年齢変化

図13 前進相時間の年齢変化

1) 上下方向運動

a) 挙上距離 (図16)

男女全体で10歳代-30歳代と60歳代-70歳代において有意差が認められた ($P < 0.05$).

b) 挙上第一相距離 (図17)

男女全体で10歳代-30歳代と40歳代-50歳代, 10歳代-30歳代と60歳代-70歳代において, それぞれ有意差が認められた ($P < 0.05, 0.01$).

c) 挙上第二相距離 (図18)

男性, 女性とも各年齢層間において, それぞれ有意差は認められなかった.

d) 下降第一相距離, 下降第二相距離 (図19)

男女全体で各年齢層間において, それぞれ有意差は

図16 挙上距離の年齢変化

図18 挙上第二相距離の年齢変化

図17 挙上第一相距離の年齢変化

図19 下降第一相および第二相距離の年齢変化

認められなかった。

2) 前後方向運動

a) 前進後退距離 (図20)

男女全体で各年齢層間において有意差は認められなかった。

b) 後退相距離 (図21)

男女全体で各年齢層間において、それぞれ有意差は

認められなかった。

d) 前進相距離 (図22)

男女全体で各年齢層間において有意差は認められなかった。

e) 復元後退相距離 (図23)

男女全体で各年齢層間において有意差は認められな

図20 前進後退距離の年齢変化

図22 前進相距離の年齢変化

図21 後退相距離の年齢変化

図23 復元後退相距離の年齢変化

かった。

考 察

嚥下において喉頭運動が円滑に行われることは必要不可欠と考えられる。喉頭運動の役割として重要な点の第一は、挙上運動による気道の閉鎖である。喉頭が挙上することで、舌根部との接触により、声帯の閉鎖機能とあいまって、気道は完全に閉鎖され、下気道を防御する。第二は、前方運動による食道入口部の拡大である。喉頭の前方運動と輪状咽頭筋の弛緩作用によ

り食道入口部は開く。したがって X 線学的嚥下動態の解析において、喉頭運動を解析することが最も重要であると考えられる。しかしながら、喉頭運動の観察は透視下では、甲状軟骨の石灰化がある成人男子を対象に限られてくる¹⁷⁾。嚥下動態の男女差や年齢変化をみ

ていく上では、喉頭運動の解析は、この点において限界があると思われる。

一方、舌骨は下顎、舌と喉頭の間に位置し、舌骨上筋群及び下筋群により作用し合っている。喉頭の運動は顎二復筋、顎舌骨筋、オトガイ舌骨筋、茎突舌骨筋、甲状舌骨筋などにより行われ¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾、舌骨運動に直接反映された形で現れる。したがって舌骨運動を解析することも、嚥下動態を把握する上で意義があると考えられる。舌骨の場合、透視下で老若男女を問わず観察が可能であり、嚥下動態の男女差や年齢変化をみる上で有用であると考えた。

1. 対象について

今回の研究の対象は咽喉頭異常感を訴え受診した症例であったため、中高年者に比べ若年者は症例数が少ない。古川¹⁷⁾、中原¹¹⁾の研究では喉頭の運動が対照になっているため、女性は対象に含まれていない。これは、前述したように、甲状軟骨の石灰化が認められることが少ない女性では、X線透視下で喉頭運動を観察するのに限界があるためである¹⁷⁾。しかし男女を問わず舌骨の運動はX線透視検査上観察可能なため、本研究では女性も対象に含まれている。このように舌骨運動の測定は、女性の嚥下動態を観察できる点で有利であるが、反面限界はある。それは舌骨が嚥下運動中に下顎骨と重なり測定が出来ない症例が認められるということである。松本⁹⁾によれば20歳代の男性で下顎と舌骨が完全に重なる症例が全体の2.3%を占め、古沢¹⁰⁾の報告では学童男子で23.5%となっている。今回の研究では、舌骨の最高挙上位置は60歳以上でわずかに下降が認められるが、全年齢を通してほぼ第3頸椎上端の高さにあり、設楽¹³⁾の報告でも最高挙上位置に明らかな年齢変化は認められていない。したがって舌骨が下顎と重なる症例は、成人においては年齢に関係なく、解剖学的な個人差やX線映画撮影時の頸部の伸展程度の違いによると考えられる。本研究では約20%に、最高挙上時の舌骨と下顎が重なる症例が認められ、このような症例は対象に含まれていない。

2. 撮影について

被験者は立位でバリウム20mlを嚥下させた。20mlとした理由は、嚥下の量の大小で嚥下動態の変化³⁰⁾が予想され、今回の研究では特に嚥下動態の定量化が目的であったため、古川¹⁷⁾、中原¹¹⁾の研究と同じ条件にした。20mlという量は、老年者や女性の一部で二度飲みする症例が認められたが、大多数の症例は、1回で嚥下でき、適当な量であると思われた。体位について

は、頸部を前屈状態にすると舌骨が挙上運動時に下顎に重なる症例があるため、わずかに頸を伸展した状態で測定を行った。しかしなるべく自然に近い状態にするために頸部の固定は行っていない。

基準線を第3頸椎、第5頸椎としたのは、安静時の舌骨が第3-第5頸椎の間にあること、最高挙上時の舌骨位置が、第3頸椎前縁上端を基準線とする高さの前後にあるという理由からである(図1)。撮影速度は、古川¹⁷⁾、中原¹¹⁾と同様30コマ/秒に固定して行った。撮影速度に関しては、Saunders¹⁾らは喉頭蓋の運動解析を行う場合は30コマ以上の撮影速度が必要であるとし、Ramsey²⁾は舌骨、喉頭の観察には30コマ/秒が適当と報告している。また井上²¹⁾は食塊の詳細な観察には90コマ/秒が良いとしている。しかし喉頭や舌骨の運動は、喉頭蓋や食塊の運動ほど速くなく、30コマ/秒で必要十分と考えた。

3. 舌骨運動の定量的解析の意義

嚥下運動のX線学的解析において、古くはSaunders¹⁾らによりレ線映画による嚥下第2期の解析に始まり、舌、喉頭蓋の運動、喉頭閉鎖、咽頭の蠕動波、食道入口部の開大など詳細に観察された。その後、喉頭、舌骨の運動の定量的に解析されるようになったが⁴⁾¹⁶⁾⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾²⁰⁾、年齢変化、男女差を定量的に解析した報告は少ない¹³⁾¹⁷⁾。嚥下における喉頭運動の重要性については、前述した通りであるが、喉頭の挙上や前進は、どの程度動けば十分なのか、またどのくらい障害されれば誤嚥を起こすのかは、いま一つ明確にはされていない。したがって、嚥下時の喉頭、舌骨の運動(時間、距離)を定量化し、標準値を知ることにより、嚥下障害の診断に有力な情報源となりうると考えた。また、耳鼻科領域の腫瘍疾患(特に舌、下顎、咽頭、喉頭)の手術後の嚥下障害や内科疾患に伴う嚥下障害に対する嚥下機能回復のための手術がいろいろ試みられているが^{22)~29)}、その手術適応や限界については、いまだ検討の余地があると思われる。嚥下障害症例の治療前後の評価において、喉頭や舌骨運動の定量値を対照に比較することで、手術治療の適応やその限界について明確に出来るのではないかと考えた。嚥下動態が一生を通じ不変でないことは臨床的に、また諸家の報告^{13)15)16)17)30)32)~37)}により異論のないところである。さらに男性女性によっても違いがあることは想像に難くない。喉頭、舌骨運動の解析を行うにあたり、これらの現象を明確にとらえることなしに定量化を論ずるのは無意味であると考えられるのである。

4. 舌骨と喉頭の挙上について

舌骨の挙上第一相距離の平均は 6.5mm, 挙上第二相距離の平均は 13.3mm で, 挙上距離の平均は 19.8mm であった。古川¹⁷⁾によれば, 喉頭の挙上第一相距離の平均は 10.8mm, 挙上第二相距離の平均は 22.6mm で, 挙上距離の平均は 33.4mm である。挙上運動は舌骨よりも喉頭が約 10mm 程大きく挙上する。喉頭の挙上は嚥下第一期(口腔期)にすでに開始されており¹⁷⁾, この初期の挙上は顎舌骨筋, 茎突舌骨筋などの舌骨上筋群とされている³⁸⁾。さらに, 喉頭は急速に挙上するが(挙上第二相), 最も挙上に大きく関与していると言われているのがオトガイ舌骨筋, 甲状舌骨筋である¹⁸⁾¹⁹⁾。一方舌骨の挙上運動は, オトガイ舌骨筋など舌骨上筋群の働きが主である¹⁸⁾。このように喉頭は初期には舌骨上筋群, その後舌骨上筋群および下筋群の働きで舌骨より大きな挙上運動を行っている。

5. 男女差

表2に示すように, 男女差の認められる要素は, 安静時位置, 嚥下時間(上下方向運動), 挙上第二相時間, 挙上第二相距離(相対値, 実測値), 停滞相時間(上下方向運動)である。安静時の位置は女性に比べ男性の方が相対的に低い位置にあるが, 最高挙上位置は男女間に有意差は認められなかった。したがって男性が女性よりも挙上距離が大きいと考えられ, それは挙上第二相の距離の増大によると思われる。誤嚥を起こさないだけの有効な挙上を行うために, 男性は女性よりも挙上第二相距離が長いことで, 安静時の位置の低いというハンデキャップを補っていると考えられる。また挙上第二相時間は挙上第二相距離が長くなっている影響で延長していると思われる。嚥下時間に関しては, 挙上第二相時間の延長に加え停滞相時間の延長もあり, 女性より男性が長くなっている。このように男女差の認められた要素はすべて上下方向に関するもので, 前後方向に関する要素に男女差はない。つまりこれらの男女差は, 安静時の位置の高低差に起因するところが多いと考えられる。

上下方向運動において, 挙上第一相は食塊の位置から分類した嚥下第一期の随意期にあたり, 挙上第二相, 停滞相, は嚥下第二期の反射期にあたる。男女差が認められたのは, この嚥下第二期(反射期)に相当する部分であった。嚥下第二期は生来, 持っている原始的な反射運動で, 生命維持に最も重要な運動の1つであることを考えると, 男女の位置の違いを補うために, この反射期で男女差が認められたことは, 興味深い。

一般に舌骨, 喉頭の安静時位置が相対的に高い位置にあるということは, 嚥下には有利である。つまりそれだけ少ない運動で誤嚥しないだけの有効な挙上を得られるからである。このことは, 女性の方が男性よりも嚥下に有利であることを意味する。臨床的に老化により嚥下機能は低下し, 高齢者の嚥下障害が, 問題となってくる。可世木ら³⁰⁾は高齢者の咽喉頭異常感症と嚥下機能について, 食道造影の異常所見を観察した。そのなかで, 60歳以上の高齢者群で明らかに喉頭蓋に残留のみられた者が男女それぞれ20例中, 男性15例, 女性9例, 梨状陥凹の貯留のみられた者が男性14例, 女性6例, 喉頭前庭にまで進入をみたものが男性9例, 女性5例であり, さらに少量の誤嚥を認めた4例のうち男性は3例, 女性は1例であったと報告している。ここで注目すべきは, 男性より女性の方が, 嚥下機能の低下を認める傾向が少ないということである。これら食道造影の異常所見は, 咽頭知覚の減退や嚥下圧の異常によるとされているが¹⁶⁾, 男女の嚥下動態の違いも影響していると考えられる。

6. 年齢変化について

対象は男女ともそれぞれ10歳代—30歳代, 40歳代—50歳代, 60歳以上の3つの群に分けた。男性の平均年齢は49.1歳, 女性の平均年齢は47.0歳である。また10歳代は16歳と17歳の2例で, すでに第二性徴も終わり喉頭はすでに発育が完了している年齢である。したがって年齢変化は, 発育, 成長を見ているのではなく, あくまで老化としての年齢変化を見ているのである。年齢を40歳, 60歳で分けたのは医学的に40歳代, 50歳代は初老期といわれ, 老年の前段階であり徐々に心身の機能の低下が始まる時期であり, 60歳以上の老年期になると初老期に見られた現象がより増幅して出現するという理由からである。

喉頭と舌骨の運動の関係は, 中原¹¹⁾によりすでに報告されているように, よく類似した運動を行い, 上下方向運動において, 停滞期までの運動は, 両者の各相の時間関係が一定していて, 対応した形になっている。舌骨運動の年齢変化は古川¹⁷⁾の報告した喉頭運動と同様の変化が認められる結果となった。

(1) 舌骨位置と嚥下動態の年齢変化

安静時位置は男女とも加齢とともに下降する。男性では40歳代—50歳代で下降が認められるが, 女性においては, 60歳代—70歳代で下降が見られた。つまり, 女性は男性よりも舌骨の下降する年代が遅いのである。喉頭および舌骨の下降は, 加齢に伴う舌骨上筋群

及び下筋群の筋繊維の萎縮、緊張の低下。さらに靱帯のゆるみにより起こると考えられる¹³⁾。つまり、これらの老化現象は女性より男性の方が顕著に現れると考えられる。

安静時舌骨の位置は、舌骨体下端の測定において男性平均が -0.47 で、椎体の位置で表せば第四頸椎中央 $1/2$ に相当する。古沢¹⁰⁾によれば学童男子34名の舌骨安静時位置は、舌骨体上端を測定し第二・三頸椎間—第三頸椎上 $1/3$ であったと報告している。また松本⁹⁾は20歳代男性128名を対象とし、安静時の舌骨位置は第三頸椎下 $2/3$ であったと報告している。舌骨上端と下端で測定点の違いがあり、単純には比較できないが、この違いを考慮しても本研究の結果に比べ舌骨の位置が相対的に高いといえる。この差は、対象の年齢が、松本⁹⁾、古沢¹⁰⁾の症例より本研究の方が高年齢におよぶためと考えられる。

最高挙上位置は10歳代から50歳代まで、変化が認められないが、60歳代—70歳代で低い位置になっている。今回対象とした症例の中には誤嚥する症例は含まれてはいないが、喉頭の最高挙上位置が70歳代になると、それ以前の年代よりも下がってくるという報告¹³⁾を考え合わせると、この頃の年代から嚥下障害が起こり易くなって来るのではないかとと思われる。

(2) 所要時間の年齢変化

嚥下時間は上下方向運動、前後方向運動とも年齢とともに延長する。この延長は、上下方向では挙上第一相時間、前後方向では後退相時間が延長しているためである。挙上第一相及び後退相は、随意期である嚥下第一期（口腔期）に相当する。したがって老年な者ほど、口腔内に食塊がある時間が延長し、嚥下終了までの時間が長くなるのである。

嚥下時間（上下方向運動）の平均は男性1.7秒であった。舌骨運動からみた嚥下時間について従来の報告では、古沢¹⁰⁾は舌骨運動の全経過時間が1.0秒、松本⁹⁾は1.5秒、中原¹¹⁾は1.8秒である。このように今回の研究結果は中原¹¹⁾の報告した値とほぼ同じであるが、他はすべて、小さい値となっている。その理由としてまず、嚥下物の量の違いが考えられる。嚥下物の量が多くなると、嚥下時間、特に嚥下第二期が延長するとされている³¹⁾。松本⁹⁾はバリウム10ml、古沢¹⁰⁾は5mlと本研究より少量であるため、嚥下第二期の時間に違いがあったのではないかと予想される。さらにもう一つの理由として対象の年齢差がある。嚥下時間、嚥下第一期の時間は加齢とともに延長する。したがって、松本⁹⁾、

古沢¹⁰⁾の研究対象が学童、20歳代という若年に限られているため、当然のことながら本研究での嚥下時間の方が延長する結果となる。

(3) 移動距離の年齢変化

挙上距離も加齢とともに増加する。この年齢変化は挙上第一相距離の増加によるものである。舌骨位置は加齢とともに下降するため、これを挙上第一相距離が増加することで一定の最高挙上位置を高齢になっても維持している。今回、舌骨の安静時位置に関しては、上下方向のいわゆる高低については計測しているが、前後方向の位置については、検討していない。上下方向運動では、舌骨の高低差を補うように挙上距離が延長しているが、前後方向運動では後退相時間だけで、距離に関しては変化が認められなかった。このことから、前後方向では舌骨の位置に加齢による変化はないために、前後方向の距離に関してすべての要素で年齢変化が見られなかったのではないかと推察した。

上下方向運動で、挙上第二相及び停滞相は、まったく年齢変化の影響を受けていない。これらの相は反射期である嚥下第二期に相当する。食塊が口腔から咽頭へと運ばれ、まさに誤嚥が起こりうる場での食塊の運送を行っているのが、挙上第二期、及び停滞期ということになる。この嚥下動態において最も重要と考えられる時期の運動が、年齢変化を受けずに70歳代まで保たれるということは、嚥下機能の維持という意味で意義があることと考えられる。

(4) 老人の嚥下機能の低下について

一般に、老化により筋繊維は萎縮し、数も減少し運動能力は低下する。嚥下に関与する筋も例外ではないであろう。しかし、嚥下時の喉頭挙上距離は延長し、加齢によっても嚥下第二期（反射期）での挙上前進運動は維持される。では、老人の嚥下の問題点は何かという、それは、喉頭の安静時位置の下降による予備能力の低下と考えられる。つまり挙上第一相距離の増加が老化における予備能力であり、嚥下機能は高齢になっても維持されている。しかし、喉頭の下降という現象は、確実に老化によって増加してゆき、予備能力の限界を越えた時点で誤嚥という現象となって現れるのである。

嚥下運動は脳皮質及び延髄網様体の嚥下中枢の統制のもと、舌や下顎、咽頭、喉頭、食道などの筋群の高度な協調運動により成り立っている。神経系の老化を考えれば、神経繊維の変性、減少により、嚥下の神経伝達機構に影響があると想像するに難しくない。加

齢に伴う解剖学的位置の変化による影響だけでなく、老化による神経伝達機構の機能低下も、老人の嚥下機能の予備能力を一層減少させていると考えられる。

結 語

正常者例の嚥下における舌骨運動を分析し、次のような結果を得た。

1. 舌骨の安静時位置には男女差があり、女性が男性よりも高位にある。
2. 嚥下時間(上下方向運動)、挙上第二相時間、挙上第二相距離、停滞相時間(上下方向運動)に男女差が認められた。
3. 舌骨の安静時位置は、加齢により下降する。
4. 嚥下時間は、加齢により延長する。
5. 嚥下第一期での舌骨運動は、加齢による変化を認めた。
6. 嚥下第二期での舌骨運動は、加齢による変化を認めなかった。

参 考 文 献

- 1) Saunders JB, Davis C, Miller ER: The mechanism of deglutition (Second stage) as revealed by cine-radiography. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 60: 897-916, 1951.
- 2) Ramsey GH, Watson JS, Gramiak R et al: Cinefluorographic analysis of the mechanism of swallowing. *Radiology* 64: 498-518, 1955.
- 3) Roberts RI: A cineradiographic investigation of pharyngeal deglutition. *Brit J Radiol* 30: 449-460, 1957.
- 4) 竹中栄一: 蛍光増倍管式 X 線の画による嚥下運動の研究(1)―正常例について―。日医放線会 21: 809-872, 1961.
- 5) 井上鉄三: X 線テレビ及び筋電図による嚥下運動の解析。日気食会報 18: 5-16, 1967.
- 6) 棚橋汀路: レ線映画による第 2 期嚥下運動の研究。日耳鼻 70: 1256-1285, 1967.
- 7) 吉田義一, 平野 実, 進 武幹, 吉田哲二: 嚥下運動の多元的観察装置―X 線テレビと 4 チャンネル筋電図の同時記録―。日耳鼻 79: 1601-1610, 1976.
- 8) 進 武幹: X 線および筋電図による食道運動の観察―食道入口部を中心として―。日気食会報 32: 83-88, 1981.
- 9) 松本秀樹: X 線テレビ映画法による嚥下時, 最大開口時および舌運動における舌骨ならびに喉頭蓋基底の位置変化について。歯科学報 76: 1713-1770, 1976.
- 10) 古沢節夫: X 線テレビ映画法による学童期における嚥下時の舌骨ならびに喉頭蓋基底部の位置変化について。歯科学報 80: 1739-1767, 1980.
- 11) 中原 学: 嚥下時における舌運動の X 線学的研究。日耳鼻 90: 669-679, 1987.
- 12) Lenz T von, Wachmuth W: *Praktische Anatomie* 1 Bd, teil, Hals. Springer-Verlag Berlin, 1955.
- 13) 設楽哲也: 耳鼻咽喉科領域における年齢変化。世紀社, 東京, 1980, 58-64.
- 14) Roche AF and Barklia DH: The level of larynx during childhood. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 74: 645-655, 1965.
- 15) 稲木匠子, 丘村 熙, 森 敏裕: Computed radiography (CR) による咽頭二重造影法―とくに咽喉頭異常感症における診断的意義―。日気食会報 40: 456-462, 1989.
- 16) 稲木匠子, 丘村 熙, 森 敏裕: 食道透視と嚥下圧測定よりみた咽喉頭異常感症の嚥下機能。耳鼻臨床 補23: 40-45, 1989.
- 17) 古川浩三: 嚥下における喉頭運動の X 線学的解析―とくに年齢変化について―。日耳鼻 87: 169-181, 1984.
- 18) 進 武幹: 嚥下時の喉頭閉鎖。日気食会報 26: 131-142, 1967.
- 19) 前山忠嗣: 嚥下時の内外喉頭筋の機能に関する実験的研究―特に喉頭挙上について―。耳鼻 21: 787-807, 1975.
- 20) 吉田哲二: 正常嚥下に関する筋電図的ならびに X 線的研究。耳鼻 25: 824-872, 1979.
- 21) 井上鉄三: シンポジウム。誤嚥。日気食会報 31: 98-102, 1980.
- 22) 平野 実, 三橋重信, 国武博道: 麻痺性嚥下障害に対する手術的療法―輪状咽頭筋切断術および咽頭弁形成術―。日耳鼻 76: 1067-1072, 1973.
- 23) 平野 実: 嚥下障害の手術的治療―動的不調の治療―。耳鼻 22: 696-702, 1976.
- 24) 棚橋汀路: 嚥下機能回復手術について。日耳鼻 79: 1120-1121, 1975.
- 25) Edgerton MT, McKee DM: Reconstruction with loss of the hypomandibular complex in excision of large cancers. *Arch Surg* 78: 425-428, 1959.
- 26) Goode RL: Laryngeal suspension in head and neck surgery. *Laryngoscope* 86: 349-353, 1976.
- 27) 広戸幾一郎, 小宮山荘太郎, 渡辺 宏: 誤嚥の手術的治療。耳鼻 27: 365-371, 1981.
- 28) Kashima HK: Postoperative dysphagia. *Compli-*

- cations in Otolaryngology Head Neck Surg 2: 21-27, 1986.
- 29) 大前由起雄, 田中英一, 北原 哲, 小倉雅実, 井上鐵三: 嚥下障害に対する喉頭挙上術. 日気食会報 42: 237-243, 1991.
- 30) 可世木由美子, 棚橋汀路, 松井岳仁, 柳田則之: 高齢者の咽喉頭異常感症と嚥下機能. 日気食会報 41: 16-19, 1990.
- 31) 古川浩三, 石井豊太, 中原 学, 新美誠司, 設楽哲也 他: 嚥下障害の X 線学的研究—筋萎縮性側索硬化症について—. 耳鼻臨床 77: 931-936, 1984.
- 32) Sheth N and Diner WC: Swallowing problems in the elderly. Dysphagia 2: 209-215, 1988.
- 33) Tracy JF, Legemann JA, Kahrilas PJ et al: Preliminary observation on the effects of age on oropharyngeal deglutition. Dysphagia 4: 90-94, 1989.
- 34) Elliot JL: Swallowing disorders in the elderly: a guide to diagnosis and treatment. Geriatrics 42: 95-113, 1988.
- 35) 村上 泰: 食物のつかえ(嚥下障害). 図説臨床老年医学講座, 主訴・症状からみた老年病の診断. メディカルビュー社, 東京, 1986, 214-221頁.
- 36) 古川浩三: 老人の嚥下, 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 MOOK No.12. 金原出版, 東京, 1989, 145-150頁.
- 37) 丘村 熙, 稲木匠子, 森 敏裕, 福井康二, 相原隆一: 高齢者の嚥下機能—咽頭食道透視よりの観察—. 日気食会報 42: 116-120, 1991.
- 38) 平野 実: 嚥下第二期の生理と病態. 日気食会報 31: 1-9, 1980.
-
- 稿を終えるに臨み, ご指導, ご校閲を賜りました北里大学医学部耳鼻咽喉科学教室設楽哲也教授に深謝します. X 線映画, フィルムモーションアナライザーに関してのご指導を賜りました北里大学医学部放射線科学教室松村 隆教授, 中沢 啓講師に深謝します. 終わりに直接のご指導をいただきました竹内義夫助教授, 古川浩三講師, 東京大学医学部音声医学研究施設新美誠司教授および北里大学医学部耳鼻咽喉科学教室員各位に深謝致します.
- 本研究の一部は, 第40回日本気管食道科学会, 第90回日本耳鼻咽喉科学会総会および第6回世界気管食道科学会において発表した. 本研究は昭和63年度文部省科学研究(奨励研究(A)・課題番号63771342)の補助を受けた.
-
- (1991年12月6日受稿 1992年1月24日受理)
- 別刷請求先 〒228 相模原市北里1-15-1
北里大学医学部耳鼻咽喉科学教室 金子 功

<div data-bbox="141 1580 168 1777">A 95-0974-60096</div> <div data-bbox="141 1039 168 1101">日耳鼻</div> <div data-bbox="194 1207 262 1613">嚙下における舌骨運動の X 線学的解析 ——男女差及び年齢変化について—— 金子 功 (北里大)</div> <div data-bbox="295 1039 463 1777">男女による違いや加齢により嚙下時の舌骨運動がどのように変化しているかを解析し、嚙下動態を定量的に評価することを今回の研究目的とした。対象は咽喉頭異常感症の男性44例、女性27例とした。頸部側面から X 線映画撮影を行い、舌骨体下端の測定点の運動をモーションアナライザーで分析した。</div> <div data-bbox="470 1680 497 1777"><結果></div> <div data-bbox="504 1039 665 1777"><ol style="list-style-type: none">1. 舌骨の安静時位置は男女差があり、女性が男性よりも高位にあった。2. 舌骨の安静時位置は、男性女性とも加齢により下降が認められた。3. 嚙下時間、拳上距離は加齢により延長し、これは拳上第一相時間、拳上第一相距離の延長によると考えられた。</div>	<div data-bbox="141 792 168 985">A 95-0963-23560</div> <div data-bbox="141 251 168 318">日耳鼻</div> <div data-bbox="194 415 302 830">内リンパ嚢局所免疫反応による内耳障害 ——聴性脳幹反応への影響—— 後藤裕一・富山俊一 (日医大)</div> <div data-bbox="309 251 665 985">内リンパ嚢局所免疫反応が聴覚系にどのような影響を及ぼすかを明らかにするためにモルモットで聴性脳幹反応 (ABR) を指標とした検討を行った。KLH 抗原全身感作後に、KLH 抗原を内リンパ嚢に注入した群では、注入前と比較して注入後3日目と17日目に ABR 閾値の有意な上昇が認められた。これに対し、全身感作後に PBS を内リンパ嚢に注入した群や全身感作をせずに直接内リンパ嚢の KLH 抗原を注入した群では ABR 閾値に変化はみられなかった。また、N1-N3 波間潜時は、各群とも、どの時期にも有意な変化がなかった。以上より、可逆的な聴覚障害は、内リンパ嚢局所免疫反応による蝸牛障害に起因すると推測された。</div>
<div data-bbox="705 1570 732 1767">A 95-0988-21481</div> <div data-bbox="705 1033 732 1097">日耳鼻</div> <div data-bbox="759 1203 826 1628">埋没耳の計測学的特徴と統計学的観察 矢野健一 秦 維郎 (香川医大・形成外科)</div> <div data-bbox="833 1033 1216 1767">片側埋没耳症例の患側と健側耳介の計測結果を分析検討し、さらに自験例と本邦報告例の統計学的観察を行った。その結果、埋没耳は下向きと内向きに動く力のベクトルの総和により生じる耳介上1/3の変形であると定義され、内向きのベクトルよりも下向きのベクトルの方が強いことが判明した。片側埋没耳症例の健側耳介に耳輪癒着症様変形が3例に認められ、軟骨の変形により二次的に耳介上部が埋没するという説が有力と考えられた。本邦集計例における男女比、左右両側比はそれぞれ2:1、5:2:3であった。家族内発生が、自験例で母親に2例、従兄弟と叔父に1例ずつ認められ、遺伝的関与の強い疾患であることが示唆された。</div>	<div data-bbox="725 792 752 985">A 95-0969-22401</div> <div data-bbox="725 251 752 318">日耳鼻</div> <div data-bbox="779 386 806 850">先天性真珠腫が疑われた4症例の臨床的観察</div> <div data-bbox="826 338 907 898">津田哲也・川本浩子 田中誠史 西田 功・渡部 浩 多田 渉・平川勝洋 鈴木 衛 原田康夫 (広島大)</div> <div data-bbox="927 251 1216 985">過去15年間に、4例の先天性真珠腫と思われる症例を経験した。患者の年齢は4歳から17歳であった。すべての症例で真珠腫は中耳より発生していた。1例は真珠腫が乳突洞まで進展していた。コルメラIII型の鼓室形成術が施行された。術後聴力改善度は20から30dB程度であった。まれではあるが、鼓膜所見正常の伝音性難聴の治療にあつては、耳鼻科医は先天性真珠腫に留意しなければならない。</div>