誤 嚥

——家兎の嚥下第2期の喉頭運動との関係についての検討——

*棚 橋 汀 路

A Basic Study of Aspiration: Its Relationships to the Motion of the Larynx during the 2nd Stage of Deglutition of Rabbits

Teiji Tanahashi, M.D.

Department of Otolaryngology, Nagoya University Branch Hospital, Nagoya

The movement of the larynx is greatly related to aspiration. In this research muscles which are attached to the hyoid bone and thyroid cartilage were detached, and the relationship between the abnormal movement of the larynx and aspiration was studied. To measure the movement of the larynx, a silver marker used as a target, measuring 3×3 mm, was attached to the thyroid cartilage and the motion was observed and measured by X-ray cinematography. The wall of the pharynx, the tongue, entrance of the esophagus and the larynx (silver target) were selected as sites to measure. The results were normalized and comparison was made under each condition. The motion of the larynx of normal rabbits is divided in two factors which are vertical and horizontal direction and it has the exact temporal relation with other motions. In the cases whose geniohyoid muscles, stylohyoid muscles and thyrohyoid muscles were detached the movement of the larynx was severely suppressed. Consequently aspiration was observed though the closing mechanism of the larynx was prevented. Even though the cricopharyngeal muscles were cut, aspiration was still observable. After the muscles were reattached, aspiration disappeared. In the cases whose sternohyoid muscle and sternothyroid muscle were detached or cricopharyngeal muscle was cut deglutition was not changed.

It is concluded from the present results that the motion of the larynx is the most basic factor of the 2nd stage of deglutition and of preventing aspiration.

Key words : 誤嚥, 喉頭運動, X線の嚥下動態分析

誤嚥は嚥下第2期での特有な現象であり、また最も重大な障害である。それ故誤嚥の解決はこの嚥下期での障害の解決をしたことに相当する。

嚥下第2期の運動はX線映画による運動計測により軟口蓋、舌、喉頭、舌骨、咽頭蠕動波、上食道口の正確な時間的コントロールを受けている運動として測定される¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。またこの運動群は機能的には気道閉鎖による鼻咽腔と気

管への流入防止、食餌を送るポンプ作用、上食道口の開大に集約される⁶⁾⁷⁾。これらの機能の量的時間的異常によって誤嚥は発生する⁷⁾。廣戸⁸⁾や平野⁹⁾は誤嚥発生と嚥下との関係の分析より喉頭挙上期型と下降期型とに分け、棚橋¹⁰⁾は嚥下陽圧によるものと、嚥下終了後の吸気によって気管に入るものとに分け、喉頭運動の減少と誤嚥には関係がみられることを述べた。この研究は家兎の喉頭運動の異常と嚥下障害や誤嚥との関係を嚥下のX線動態分析によって行っ

*名古屋大学医学部附属病院分院耳鼻咽喉科

た。

方 法

実験動物には体重2～3 kgの家兎31匹を用いた。喉頭運動の計測の目的でネンプタル麻酔下に甲状舌骨筋附着部の直上で甲状軟骨に3×3 mm 菱形の純銀マークをつけた(図1)。嚥下運動のX線シネ撮影は Bolex 16mmシネカメラにより、コダック製ダブルXフィルムで毎秒25または32齣の速さで側面から行った。撮影齣数の較正は常時行った。家兎への造影剤投与方法は、家兎の口に金属製の注入管をゴムバンドにて固定し、これにビニール管を接続してX線操作室からモニターテレビの観察下に注入し嚥下させた。運動測定はナック製シネモーションアナライザーによって次の5つの測定点を設置して行った。

1. 第1頸椎体中部の高さで喉頭後壁の軟骨組織の垂直距離の嚥下による変化量の咽頭蠕動波(PW)
2. 咽頭蠕動波測定部位で舌根部の前後方向の変化量(T)
3. 上食道口の後径(E)
4. 甲状軟骨に設けた金属マークで測定した頸椎軸と平行な方向の動きの喉頭の上下方向の運動(Ly)
5. 前記の動きと直角方向の運動の喉頭の前後運動(Lx)

各測定量は測定個体ごとに第2頸椎前縁で測定した頸椎の長さとの比であらわし、運動距離の標準化を行った。

測定家兎は喉頭にマークをつけて一週間以上経過した後、正常嚥下の測定を行い、次の実験条件を加えた。

1. 両側輪状咽頭筋切断
2. 両側甲状舌骨筋離断
3. 両側頤舌骨筋離断
4. 両側胸骨舌骨筋、胸骨甲状筋離断
5. 両側頤舌骨筋、茎突舌骨筋、甲状舌骨筋離断

結 果

1. 家兎正常嚥下

家兎の嚥下第2期は犬と同様に口腔内に注入

図1 嚥下運動記録状態での家兎、丸い穴のある四角形の陰影は喉頭に設置したマークを示す

された造影剤は bolus を形成して第1期から第2期へとただちに進むのではなく、口腔より中咽頭舌根部に少量ずつ送られてここで一塊となって嚥下第2期が始まり bolus となって進む(図2)。それ故本研究では喉頭の上昇運動開始で第2期の始めとした。咽頭蠕動波(PW)は90 msec 後に始まり420 msec 続く。舌根(T)は喉頭上昇と同時に前方に運動を開始し120 msec 後には方向が逆になり後方に向い270 msec 後に最大となり、450 msec 後には静止位置を通過して再び前方に移動する。食道入口部(E)は150 msec 後に開き始め、450 msec 後には bolus は通過し閉じる。喉頭の上昇への運動(Ly)は90 msec で最高位まで昇り、360 msec の間維持されて、540 msec 後には静止位置にもどる。前方運動(Lx)は上昇開始より60 msec 遅れて始まり、120 msec で最大に達し270 msec それが維持され、480 msec で静止位置にもどる(図3)。

2. 両側輪状咽頭筋切断

5匹について測定した。X線のビデオによる動態観察やシネによる運動計測によっても嚥下自体および喉頭の運動や上食道口の動きに変化を認めなかった。

3. 甲状舌骨筋離断

甲状舌骨筋を両側同時に舌骨附着部に離断した。喉頭の嚥下による動きは減少を示し、上方への移動量(Ly)は0.63となり正常との比は0.53であった。前後方向の移動量 Lx は0.58で正常との比は0.75であった。上食道口の開大も Lx の減少に応じて小となった。図4は動物

図 2 正常家兎嚥下, 頸部の小さい白い像は喉頭のマーク, 撮影割合毎秒25割合

図 3 正常家兎の嚥下運動第2期の分析による嚥下図, 横軸は時間, 縦軸は変化量を各個体の第2頸椎椎体前縁の長さとの比率であらわした。

PW₁; 第1頸椎上縁の高さでの咽頭蠕動波
T; 舌根運動 (前方への移動量を+, 後方への移動量を-とした)
E; 上食道口の前後径
Lx; 喉頭のマークで測定した喉頭の頸椎に垂直な方向の移動量
Ly; 喉頭の頸椎に平行な方向の移動量 (上方を+とした)

番号 70301K1 での測定による嚥下グラムで,

図 4 両側甲状舌骨筋離断後の嚥下

咽頭蠕動波はゆるやかな立ち上がりを示し, 喉頭運動は上方 (Ly), 前方 (Lx) とも減少, 誤嚥なく舌の動きは正常

Ly は0.68で正常との比は0.57, Lx は0.56で正常との比0.72である。嚥下の動態観測ではとくに異常を認めず誤嚥もなかった。

図 5 両側頤舌骨筋離断による嚥下, 喉頭の前方移動量 Lx は著明に減じ(0.52), 上方移動量 Ly も0.76と正常より減少

図 6 両側頤舌骨筋, 茎突舌骨筋, 甲状舌骨筋離断による喉頭運動の減少と誤嚥。Aspは誤嚥を示す

4. 頤舌骨筋離断

両側頤舌骨筋を舌骨附着部で離断した。測定した5匹全てに誤嚥を認めなかった。喉頭運動の測定では Lx は0.51であり, 正常との比は0.66と3分の2に減じた。 Ly は0.91で正常と

図 7 両側頤舌骨筋, 甲状舌骨筋, 茎突舌骨筋を離断した家兎嚥下, 大量の誤嚥をみる

の比0.76で上昇運動はかなり良好であった。上食道口の開大も Lx の減少にしたがって小となったが誤嚥は認めなかった。図5は51004R1での測定結果である。 Ly は0.90で正常との比0.76, Lx は0.4で正常との比0.52である。

5. 胸骨甲状筋, 胸骨舌骨筋離断

この両筋を両側同時に舌骨や甲状軟骨と離断しても嚥下には異常を認めなかった。喉頭の上

図 8

A ; 両側頤舌骨筋, 茎突舌骨筋, 甲状舌骨筋の離断により喉頭の動きが著明に減少し, 誤嚥 (Asp) を生じた

B ; 離断筋の縫合により喉頭の動きが正常化し, 誤嚥も消失した

昇運動もまた前方運動もともに対照との相違をみなかった。

6. 頤舌骨筋, 茎突舌骨筋, 甲状舌骨筋

この3筋を両側同時に舌骨附着部にて離断した。6匹中3匹に誤嚥を認めた。この誤嚥発生をみた3匹ではLyは0.33で正常との比0.28と減じ, Lxも0.19で正常との比は0.25と4分の1に減少していた。図6は動物番号70201R1での測定結果でLyは0.32で正常との比0.26, Lxは0.2で正常との比は0.26と著明な減少を示し, 誤嚥(図中のAspと記した横線)をみた。輪状咽頭筋切断を行っても誤嚥の改善はみなかった。図7は誤嚥発生を示すX線シネの5齣を取り出したもので大量の造影剤の気管内流入がみられる。この誤嚥は離断した筋の再縫合によって消失し, 喉頭運動も正常化した。3匹では誤嚥をみなかった(図8)。この3匹のLyは0.37で正常との比は0.31, Lxは0.28で正常との比0.36であった。結果を表1にまとめて示す。

考 按

家兎の甲状軟骨と舌骨に附着して, 嚥下運動

表 1

群	喉頭運動	Ly ($\bar{y}$)	Lx ($\bar{x}$)
1. 正常 (N : 7)		1.19 ± 0.23	0.77 ± 0.13
2. 甲状舌骨筋		0.63(0.53)	0.58(0.75)
3. 頤舌骨筋		0.91(0.76)	0.51(0.66)
4. 3 筋 A		0.37(0.31)	0.28(0.36)
5. 3 筋 B		0.33(0.28)	0.19(0.25)

Ly : 喉頭の頸椎と平行方向の嚥下による移動量,
 $\bar{y}$ は平均値

Lx : 喉頭の頸椎と垂直方向の嚥下による移動量,
 $\bar{x}$ は平均値

3筋離断Aは誤嚥のないもの, Bは誤嚥のあるもの

時に喉頭を動かし上食道口を開かせる作用をもつ頤舌骨筋, 甲状舌骨筋, 茎突舌骨筋, 胸骨舌骨筋, 胸骨甲状筋と上食道口の括約筋として弁の作用を持つ輪状咽頭筋の作用を脱落させ, 造影剤嚥下による喉頭運動を測定し嚥下障害や誤嚥発生との関係をしらべた。輪状咽頭筋, 胸骨舌骨筋や胸骨甲状筋の作用脱落は嚥下機能に障害をおこさなかった。甲状舌骨筋の機能脱落により喉頭の上昇量は53%に, 前方移動量は75%に減じたが嚥下運動の流れに異常がなく誤嚥も

発生しなかった。頤舌骨筋の機能脱落では喉頭の前方向への移動量は66%になったが誤嚥はなく、茎突舌骨筋、頤舌骨筋、甲状舌骨筋の機能脱落では喉頭の運動の上方移動は31~28%に、前方移動は36~25%に減じ誤嚥を生じた。この実験動物は喉頭の閉鎖に関係する喉頭内筋や反回神経にはなんら影響をあたえていないので、喉頭の著しい運動障害により嚥下時の喉頭の位置の異常と喉頭が頸椎から離れないため輪状咽頭筋の機能が正常であっても上食道口の開大が十分でない。このため喉頭閉鎖機能が正常であっても誤嚥発生をさせたものと考ええる。

誤嚥発生は臨床的研究により廣戸⁹⁾や平野⁹⁾は嚥下運動が進行中に喉頭閉鎖の不完全さにより発生するものを喉頭挙上期型誤嚥、嚥下運動完了後に喉頭が下降し声門が開大するときに発生するものを下降期型誤嚥と名づけた。棚橋¹⁰⁾は連合麻痺による誤嚥と喉頭上昇障害との研究において嚥下運動中に喉頭閉鎖機構の不完全さによって咽頭内圧の陽圧により発生する圧入型誤嚥と、1回の嚥下が終わったあとに下咽頭に過量の残留を生じこれが吸気により気管に入る吸引型誤嚥とがあるとした。Backman⁷⁾は誤嚥は機能的と器質的原因によるとし、誤嚥発生のメカニズムは喉頭閉鎖の下完全さと喉頭閉鎖と bolus 通過との時間の不一致とによるとした。

嚥下第2期はX線による運動分析により鼻咽腔と喉頭での気道閉鎖、舌と咽頭収縮筋によるポンプ作用、bolus の進路を開く上食道口の開大とに要約される。上食道口の開大は喉頭の前方向への移動とこの部を閉じている輪状咽頭筋の弛緩とにより得られるもので、喉頭の移動は舌骨や甲状軟骨についている筋群による。これらの筋の活動は筋電図によると正確な時間的コントロールを受けている^{4) 11) 12) 13)}。喉頭の閉鎖は披裂軟骨と披裂喉頭蓋すう壁が内転して喉頭蓋に密着することにより得られ、これに仮声帯と声帯の閉鎖が加わる。野副¹⁴⁾は舌骨上筋群切断では声門閉鎖は全く障害されないとし、前山¹⁵⁾は喉頭閉鎖に働く筋群の活動は喉頭外筋と正確な時間的關係がみられ、また甲状舌骨筋の切断では喉頭の上方移動量は37%に減じ、これに更に舌骨上筋群の切断を加えると30%に減ずると

述べた。

家兎嚥下のX線測定で甲状舌骨筋の機能脱落で喉頭の上方移動量は53%、前方のそれは75%になり、これは茎突舌骨筋と頤舌骨筋の機能脱落により31%と36%に低下しても誤嚥は発生しなかった。しかしながら上方移動量が28%、前方移動量が25%に減じた家兎では誤嚥の発生をみた。つまり嚥下時の喉頭移動量の臨界点がこのあたりに存在すると思われる。この誤嚥発生をみた家兎は離脱した筋の再縫合することにより誤嚥の消失を示した。

喉頭閉鎖は内喉頭筋の作用でありこの研究ではこの機能に関するものにはなんら障害を加えていないのに誤嚥発生をみたことは、喉頭の移動量が少ないために輪状咽頭筋の機能が正常であっても上食道口が開かず、そのため咽頭内圧が高まり喉頭閉鎖の限界をこえて喉頭に造影剤が侵入したものと考えられることができるが、今回は内圧測定は行っていないので今後の研究を必要とする。また喉頭の位置が造影剤の流れに対して異常な位置にあるので喉頭閉鎖機構に破綻をきたしやすくなったのかも知れない。

輪状咽頭筋切断¹⁷⁾はこのように喉頭運動の異常で喉頭と頸椎との距離が不十分な病態嚥下には有効な結果を示さなかった。棚橋¹⁰⁾は臨床例について同様の結論を報告している。

離断した筋群の再縫合により喉頭運動が修復されると誤嚥は消失するということは、嚥下第2期で喉頭運動に示される機能の重要性を示すものであり、上食道口の必要な量の開大が時間的に正確に始まりまた持続することが嚥下第2期での基本であり、この機能の獲得は誤嚥防止に必須であるとの結論に達した。

ま と め

1. 家兎の嚥下第2期での喉頭運動を甲状軟骨に金属マークをつけてX線映画で測定した。
2. 頤舌骨筋、茎突舌骨筋、甲状舌骨筋を舌骨部で離断すると喉頭の上方および前方の移動量は著しく減少し誤嚥をみた。このとき輪状咽頭筋の切断を行っても、なんら変化をみなかった。
3. 離断した筋を舌骨に再縫合して喉頭運動が回復すると誤嚥発生はみられなくなった。

4. 上食道口の開大障害は誤嚥発生の大きな原因となる。

引用文献

- 1) Ramsay, G.H. et al.: Cinefluorographic analysis of the mechanism of swallowing. *Radiology*, 64: 498-518, 1955.
- 2) Saunders, J.B. et al.: The mechanism of deglutition (second stage) as revealed by cineradiography. *Ann. Otol.*, 69: 897-918, 1951.
- 3) 棚橋汀路: レ線映画による第2期嚥下運動の研究, *日耳鼻*, 70:1255-1285, 1967.
- 4) 棚橋汀路: レ線映画による自律神経の嚥下運動に及ぼす影響に関する研究, *日気食会報*, 19: 5-19, 1968.
- 5) 吉田哲二: 正常嚥下に関する筋電図ならびにX線の研究, *耳鼻*, 25: :824-872, 1979.
- 6) 平野実: 嚥下第2期の生理と病態, *日気食会報*, 31: 1-9, 1980.
- 7) Backman, A.L.: The radiologic study of some normal and abnormal swallowing mechanisms; Aspiration phenomena and cricopharyngeus spasm. *Laryngoscope*, 69: 947-967, 1959.
- 8) 廣戸幾一郎・他: 誤嚥の手術的治療, *耳鼻*, 27: 365-371, 1981.
- 9) 平野実: 嚥下障害の手術的治療—動的障害の治療—, *耳鼻*, 22: 696-702, 1976.
- 10) 棚橋汀路: 嚥下不能症に対する機能回復手術, *名大分院年報*: 391-398, 1975.
- 11) Doty, R.W. and Bosma, J.F.: An electromyographic analysis of reflex deglutition. *J. Neurophysiol.*, 19: 44-60, 1956.
- 12) Kawasaki, M. et al.: Neurophysiologic observations of normal deglutition. 1. Its relationship to the respiratory cycle. *Laryngoscope*, 74: 1747-1765, 1964.
- 13) 井上鉄三: X線テレビおよび筋電図による嚥下運動の解析, *日気食会報*, 18: 5-16, 1967.
- 14) 野副功: 嚥下時の喉頭閉鎖に関する研究, *耳鼻*, 21: 762-786, 1975.
- 15) 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.
- 16) 平野実・他: 舌骨下筋切断術—嚥下障害, 言語障害に対する治療法, *日耳鼻*, 79: 988-992, 1976.
- 17) Stevens, K.M. and Newell, R.C.: Cricopharyngeal myotomy in dysphagia. *Laryngoscope*, 81: 1616-1620, 1971.

別刷請求: 〒461 名古屋市中区大幸町 1-1-4
名古屋大学医学部附属病院分院
耳鼻咽喉科 棚橋 汀路

(投稿受付 1981年11月16日)