

平成 15 年度厚生労働科学研究
「摂食・嚥下障害患者の「食べる」機能に関する評価と対応」

分担研究項目

「ビデオ内視鏡検査による嚥下前咽頭進行の評価」研究報告書

分担研究者 才藤栄一 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
馬場 尊 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
武田斉子 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座

研究要旨

嚥下造影 (Videofluorography: VF) とビデオ内視鏡検査 (Videoendoscopy: VE) とを同時施行しその同期画像を用いて高齢者の嚥下時における whiteout 開始時点と舌骨運動開始時点の時間差の検討, VE と VF とにおける食塊先端位置の同定のされ方の違いについて検討した。

対象：健康高齢者群 8 人 (平均年齢 64.1 ± 3.0 歳) とした。

結果：Whiteout の開始と舌骨運動開始の時間差には被験物間による有意差は認めなかった。嚥下前咽頭進行は VE で評価することが可能であるが、VF と比較すると深く判定される傾向がみられた。

考察：Whiteout を嚥下反射開始の基準として咀嚼嚥下による嚥下前咽頭進行の評価を行うことは可能と判断できた。命令嚥下では whiteout と舌骨挙上開始の時間差はばらつきが大きく観察には注意が必要と考えられた。摂食・嚥下障害者例に応用する場合、軟口蓋麻痺が存在すると whiteout は大きく変化する可能性があり臨床応用する場合には注意が必要と思われた。また、VE は VF で観察できない少量の食塊を同定可能で、食塊の咽頭進行の同定についてはより感度の高い検査法であると考えられた。VE は、嚥下前咽頭進行を十分に評価できる手法であると考えられた。

研究協力者 藤井 航 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
横山通夫 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
小野木啓子 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
長江 恩 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
尾関保則 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
三串伸哉 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
Jeffrey B. Palmer ジョーンズ・ホプキンス大学リハビリテーション科教授

A. 研究目的

嚥下動態の検討において咀嚼嚥下という概念が注目されている。Palmer らによって、咽頭嚥下反射前に咀嚼のすんだ食物は舌による能動輸送により (Stage II transport) 中咽頭に運ばれ食塊形成されることが示された。このモデル (Process model)¹¹⁻¹³⁾から、VF を用いて食塊の深達度の検討が行われている。VE においてもその観察は可能であるとされているが、VF との違いについては検討されていない。

本研究では VF と VE とを同時施行しその同期画像を用いて高齢者の嚥下時における whiteout 開始時点と舌骨運動開始時点の時間差の検討、VE と VF とにおける食塊先端位置の同定のされ方の違いについて検討した。

B. 研究方法

1. 対象

摂食・嚥下障害をひきおこすような神経疾患や咽頭・喉頭疾患を有しておらず、通常の食事形態にて食事を摂取している高齢者群 8 人 (男性 8 名、平均年齢 64.1 ± 3.0 歳) を対象とした。

2. 被験物

嚥下様式は本年度研究課題 1 と同様の 4 種を設定し、各 1 施行ずつとした。

3. 方法

VF システムは本年度研究課題 1 と同様の構成であった。

VE システムは鼻咽腔内視鏡 (ENFtypeP-4, 視野角 85° , OLYMPUS), 光源 (CLH-SC, OLYMPUS), ビデオシステム (OTV-SC,

OLYMPUS), ビデオタイマー (VTG-33, 朋栄), デジタルビデオ (WV-D9000, SONY), カラービデオモニター (OEV-143, OLYMPUS), マイクロホンミキサー (MX-50, SONY), マイクロホン (ECM-R100, SONY) の構成であった。

内視鏡は可及的に少量の局所麻酔 (キシロカインゼリー) を使用して経鼻的に挿入した。内視鏡先端の位置については、披裂間切痕を視野の中央に置き、視野の下縁に口蓋垂を確認できる高さに設定した。なお、被験者の体位は自然な座位とし、頭部はヘッドレストにて安定させ、頭位が変化しないようにした。

画像の同期方法はビデオタイマーを応用した。すなわち、VE システムの CCD カメラにて VF モニターを撮影し両者のタイムコードを同一画面上に録画し、その誤差を修正した (図 1)。

30 フレーム毎秒で録画された VE ならびに VF 動画を、パーソナルコンピュータ (iMac DV model, Apple) を用いビデオ編集ソフトウェア (iMovie, Apple) を応用して繰り返しスロー再生、静止再生、リバース再生などを行い解析した。

嚥下反射開始時点は (Initiation of hyoid movement; IHM) と食塊先端位置は本年度研究課題 1 と同様に定義した。

測定項目は、VE では摂食開始後 whiteout 前で最初に食塊の先端を観察できた時点を whiteout 前咽頭進行 (Bolus transport into the pharynx : BTP), 視野全体の消失時点を whiteout の開始 (Onset of the whiteout; OWO), VF では IHM ならびにその時点で

の食塊先端位置, BTP の VF 上での食塊先端位置, OWO 直前の VF 上での食塊先端位置とした。

統計学的手法としては, ANOVA を用い有意水準を 5%とした。

C. 研究結果

高齢群において各被験物 1 施行ずつ一人あたり 4 施行, 計 32 施行の観察を行った。

IHM と OWO の時間差をみると, IHM を基準として, COM 0.14 ± 0.45 秒 (変動係数 3.2), CB 0.14 ± 0.09 秒 (変動係数 0.64), CK 0.12 ± 0.11 秒 (変動係数 0.92), MIX 0.12 ± 0.13 秒 (変動係数 1.08) と被験物間で有意差を認めなかった (表 1, 図 2)。

BTP が同定できた割合は COM 62.5% (8 施行中 5 施行), CB 75.0% (8 施行中 6 施行), CK 100% (8 施行中 8 施行), MIX 100% (8 施行中 8 施行) であった。

BTP 時点で VF 上の食塊先端到達位置についてみると VAL 以降に達していた施行は CB で 2 例, CK で 2 例, MIX で 1 例であった。

BTP が同定された施行において IHM での深達度をみると COM では UOP 以降が 100% (5 施行中 5 施行), VAL 以降が 80.0% (5 施行中 4 施行), HYP が 60.0% (5 施行中 3 施行), CB では UOP 以降が 83.3% (6 施行中 5 施行), VAL 以降が 66.7% (6 施行中 4 施行), HYP が 0%, CK では UOP 以降が 87.5% (8 施行中 7 施行), VAL 以降が 62.5% (8 施行中 5 施行), HYP が 12.5% (8 施行中 1 施行), MIX では UOP 以降が

87.5% (8 施行中 7 施行), VAL 以降が 75.0% (8 施行中 6 施行), HYP が 50.0% (8 施行中 4 施行) であった。

同様に OWO での深達度をみると COM では UOP 以降が 100% (5 施行中 5 施行), VAL 以降が 80.0% (5 施行中 4 施行), HYP が 60.0% (5 施行中 3 施行), CB では UOP 以降が 100% (6 施行中 6 施行), VAL 以降が 66.7% (6 施行中 4 施行), HYP が 0%, CK では UOP 以降が 100% (8 施行中 8 施行), VAL 以降が 62.5% (8 施行中 5 施行), HYP が 25.0% (8 施行中 2 施行), MIX では UOP 以降が 100% (8 施行中 8 施行), VAL 以降が 87.5% (8 施行中 7 施行), HYP が 75.0% (8 施行中 6 施行) であった (表 2)。

D. 考察

摂食・嚥下の研究は嚥下造影 (Videofluorography: VF) の登場以来飛躍的に進歩し, VF は摂食・嚥下障害に対する標準的検査として広く gold standard として用いられてきた。誤嚥の有無の確認, 不顕性誤嚥の発見, 効果的な体位・食物形態・代償法の決定などに非常に有用である^{1,2)}。しかし, 放射線の被曝があること, 被験物に造影剤を含ませなければならないこと, X 線透視台の必要性などの施設的な問題点を有し, 複数回の検査には難点がある。近年, それにならぶ有用な検査としてビデオ内視鏡検査 (Videoendoscopy: VE) が注目されている。この検査は, 鼻咽腔ファイバーを鼻腔より咽頭に挿入し観察するもので, 実像を観察できる, 被曝がない, 検査場所を選ばない, 通常

の食物でも評価可能といった点からその有用性が高く評価されている³⁻⁸⁾。しかし、VEには軟口蓋の挙上または咽頭管の収縮によるwhiteoutにより嚥下反射時の観察が不可能であるといった大きな欠点がある。この両者を同期させ Logemann らは報告^{9,10)}をおこなっているが、形態学的な観察が主であり食塊については、その量によって観察には影響を及ぼさないと述べているのみである。

近年、嚥下動態の検討において咀嚼嚥下という概念が注目されている。Palmer らによって、咽頭嚥下反射前に咀嚼のすんだ食物は舌による能動輸送により (Stage II transport) 中咽頭に運ばれ食塊形成されることが示された。このモデルから、VFを用いて食塊の深達度の検討が行われている¹¹⁻¹³⁾。VEにおいてもその観察は可能であるとされているが、VFとの違いについての報告は未だされていない。VFとVEの比較の研究は散見されるものの、それらはVFとVEの施行時期が2週間以内¹⁴⁾、48時間以内¹⁵⁾と完全に同期させていない場合や、鼻咽腔の閉鎖などを基準点として同期させていても単なる誤嚥の有無の評価のみをしている報告が多い。VFとの同期画像での報告は Logemann ら^{16,17)}によりされているが、喉頭運動の詳細な検討はなされているものの、舌骨運動との関連に関しては舌骨の挙上運動についてしか述べていない。そのため、本研究ではVFとVEとを同時施行しその同期画像を用いて高齢者の嚥下時におけるwhiteout開始時点と舌骨運動開始時点の時間差の検討、VEとVFとにおける食塊先端位置の同定のされ方の違い

について検討した。

OWOとIHMの時間差について

OWOとIHMの時間差には被験物間による有意差は認めなかった。平均するとIHMに0.12秒から0.14秒遅れてOWOとなっていた。このことは嚥下反射開始前の食塊進行を観察するのに適した特徴と考えられた。しかし、その標準偏差、変動係数は小さくはない。VFにおいてはIHMを嚥下反射開始の指標と考えることが多いが、IHMも嚥下反射による運動の結果を同定したものであり、IHM自体も本来の嚥下反射開始からは反応時間とそれが運動として確認できるまでの時間が加算され、さらに単位時間あたりの動画フレーム数の影響もある。そしてそれぞれに系統誤差と偶発誤差が加わっているため、ある程度の分散が存在することは否めず嚥下反射開始を正確に反映しているわけではない。一方、whiteoutは本研究では嚥下反射に伴う軟口蓋挙上運動による結果と考えられるのでIHMの同定と同様の誤差を想定しなければならない。したがってこの変動係数は妥当な範囲と考えた。しかしCOMの変動係数は非常に大きい。これは命令嚥下の嚥下様式の特徴やあるいは加齢の影響などの要因が考えられるかもしれない。いずれにしてもCOMを検討する場合には注意を要する所見と受け止めることができる。今回の結果より咀嚼嚥下において、whiteoutを嚥下反射開始の基準として評価を行うことは可能と判断できる。一方、摂食・嚥下障害者例に応用する場合、軟口蓋麻痺が存在するとwhiteoutは大きく変化する可能性がある。

臨床応用する場合には注意が必要と思われる。

BTPとVFにおける食塊先端位置について

本研究での内視鏡先端位置は披裂間切痕を視野の中央に置き、視野の下縁に口蓋垂を確認できる高さに設定した。この位置でBTPの食塊の先端はおおよそVAL以降に相当すると考えられる。このときのVF上での食塊先端位置は多くの場合OCあるいはUOPに留まっていた。これは、VEでは実像を観察していることとVFでは透過像を観察していることの違いと考えることができる。透過像であるVFでの造影剤の可視化はその濃度依存性に造影剤の量に左右される。少量の造影剤は可視化されていない場合がある。一方、VEは実像であるので、生体組織の色と十分なコントラストがついていれば、ごく少量でも観察可能である。つまりVEはVFで観察できない少量の咽頭進行を指摘しており、食塊の咽頭進行の同定についてはより感度の高い検査法であると考えた。

IHM と OWO との VF 上の食塊の深達度を比較してみると OWO がより深く深達していた。これは OWO が IHM より遅く開始することによるものと考えられた。これは VE では、嚥下反射開始前の食塊咽頭進行を十分に評価することができるという特徴を表していると思われた。

E. 参考文献

1)才藤栄一, 木村彰男, 矢守 茂, 森ひろみ, 出江紳一, 千野直一: 嚥下障害のリハビリテーションにおける Videofluorography の応

用. リハ医学 23 : 121-124, 1986.

2)Palmer, J.B., Kuhlemeier, k.v., Tippett, D.c., Lynch, c. : A protcol for the Videofluorographic swallowing study. Dysphagia 8 : 209-214, 1993.

3) Langmore, S.E., Schatz, K., Olson, N. : Fiberoptic endoscopic examination of swallowing safety, A new procedure. Dysphagia 2 : 216-219, 1988.

4)椿原彰夫: 嚥下障害の評価 ビデオ嚥下造影検査からビデオ喉頭内視鏡検査へ. 日摂食嚥下リハ誌 4 : 78-79, 2000.

5)石井雅之: 嚥下内視鏡による誤嚥評価—嚥下造影との比較—. 川崎医会誌 27 : 323-330, 2000.

6)Leder, S.B., Karas, D.E. : Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing in the pediatric population. Laryngoscope 110 : 1132-6, 2002.

7)小森祐子, 杉田佳織, 豊里 晃, 植田耕一郎, 野村修一: 特別養護老人ホームでのビデオ内視鏡を用いた摂食機能評価. 新潟歯会誌 31 : 163-166, 2001.

8)豊里 晃, 植田耕一郎, 野村修一: 介護施設における摂食・嚥下機能評価及び訓練へのビデオ内視鏡の応用. 障害者歯科 23.181-184, 2002.

9) Logemann, J.A., Rademaker, A. W., Pauloski, B.R., Ohmae, Y., Kahrilas, P.J. : Normal swallowing physiology as viewed by videofluoroscopy and videoendoscopy. Folia. Phoniatr. Logop. 50 : 311-319, 1998.

- 10) Logemann, J.A., Rademaker, A.W. Pauloski, B.R., Ohmae, Y., Kahrilas, P.J. : Interobserver agreement on normal swallowing physiology as viewed by videoendoscopy. *Folia Phoniatr. Logop.* 51 : 91-98, 1999.
- 11) Palmer, J.B. : Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: a new model for the physiology of swallowing. *日摂食嚥下リハ誌* 1 : 15-30, 1997.
- 12) Palmer, J.B. : Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79 : 691-696, 1998.
- 13) Hiemae, K.M., Palmer, J.B. : Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 14 : 31-42, 1999.
- 14) Wu, C.H., Hsiao, T.Y., Chen, J.C., Chang, Y.C. and Lee, S.Y. : Evaluation of swallowing safety with fiberoptic endoscope, comparison with videofluoroscopic technique. *Laryngoscope* 107 : 396-401, 1997.
- 15) Langmore, S.E., Schatz, K., Olson, N. : Endoscopic and videofluoroscopic evaluations of swallowing and aspiration. *Ann Otol Rhinol. Laryngol.* 100 : 678-81, 1991.
- 16) Logemann, J.A., Rademaker, A. W., Pauloski, B.R., Ohmae, Y., Kahrilas, P.J. : Normal swallowing physiology as viewed by videofluoroscopy and videoendoscopy. *Folia. Phoniatr. Logop.* 50 : 311-319, 1998.
- 17) Logemann, J.A., Rademaker, A.W. Pauloski, B.R., Ohmae, Y., Kahrilas, P.J. : Interobserver agreement on normal swallowing physiology as viewed by videoendoscopy. *Folia Phoniatr. Logop.* 51 : 91-98, 1999.

表1 OWO-IHMの時間差

(単位:秒)

	COM (8)		CB (8)		CK (8)		MIX (8)	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
60代	0.138	0.454	0.140	0.091	0.121	0.106	0.124	0.127
	NS							

COM: 液体10ml命令嚙下, CB: コンビ-78g, CK: クッキー-8g, MIX: 液体5ml+CB4g

表2：VEでの各時点とVF上の食塊深達度

	COM		CB		CK		MIX	
	N	%	N	%	N	%	N	%
	8		8		8		8	
BTP時	5	62.5	6	75.0	8	100.0	8	100.0
OC	1	20.0	2	33.3	2	25.0	3	37.5
UOP	4	80.0	2	33.3	4	50.0	4	50.0
VAL	0	0.0	2	33.3	2	25.0	1	12.5
HYP	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
UOP以降	4	80.0	4	66.7	6	75.0	5	62.5
VAL以降	0	0.0	2	33.3	2	25.0	1	12.5
HYP	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
IHM時	5		6		8		8	
OC	0	0.0	1	16.7	1	12.5	1	12.5
UOP	1	20.0	1	16.7	2	25.0	1	12.5
VAL	1	20.0	4	66.7	4	50.0	2	25.0
HYP	3	60.0	0	0.0	1	12.5	4	50.0
UOP以降	5	100.0	5	83.3	7	87.5	7	87.5
VAL以降	4	80.0	4	66.7	5	62.5	6	75.0
HYP	3	60.0	0	0.0	1	12.5	4	50.0
OWO時	5		6		8		8	
OC	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
UOP	1	20.0	2	33.3	3	37.5	1	12.5
VAL	1	20.0	4	66.7	3	37.5	1	12.5
HYP	3	60.0	0	0.0	2	25.0	6	75.0
UOP以降	5	100.0	6	100.0	8	100.0	8	100.0
VAL以降	4	80.0	4	66.7	5	62.5	7	87.5
HYP	3	60.0	0	0.0	2	25.0	6	75.0

COM：液体10ml命令嚥下，CB：コンビーフ8g，

CK：クッキー8g，MIX：液体5ml+CB4g

OCT：Oral cavity time（口腔内移送時間）

PFAT：Postfaucal aggregation time（口腔咽頭上部領域通過時間）

VAT：Valleculae aggregation time（喉頭蓋谷領域通過時間）

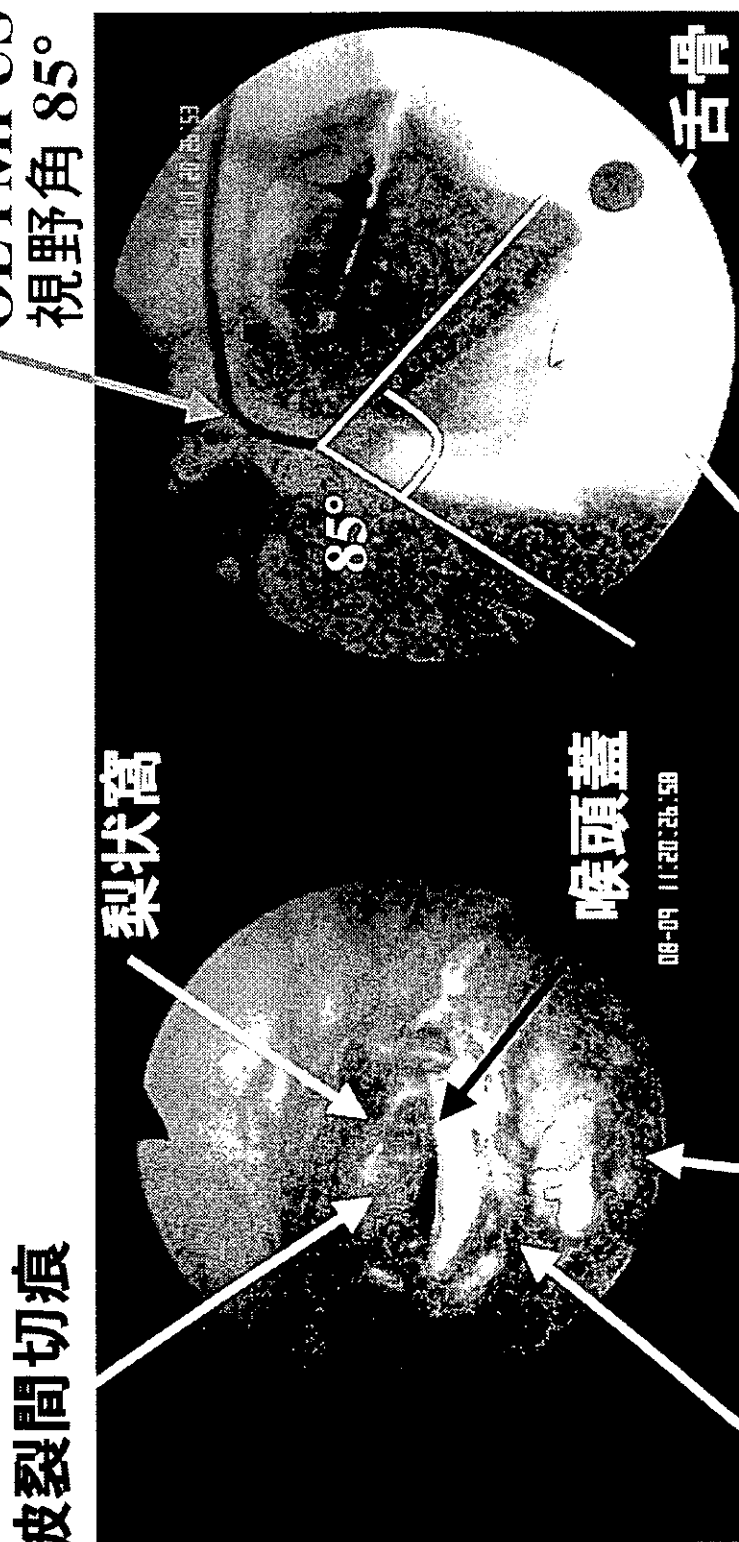
HTT：Hypopharyngeal transit time（下咽頭領域通過時間）

EJM：End of jaw movement（下顎運動停止時点）

IHM：Initiation of hyoid movement（舌骨運動開始時点）

OWO：Onset of whiteout(whiteoutの開始時)

ENF TYPE P4
OLYMPUS
視野角 85°



喉頭蓋谷 口蓋垂

喉頭

図1 VFとVEの同期観察

HIGH: 右にVF像を左にVE像を示す. 同期はVEシステムのCCDカメラにてVF像上のタイムコードをとらえ, 同一画面に写すことによって時間差を補正している.

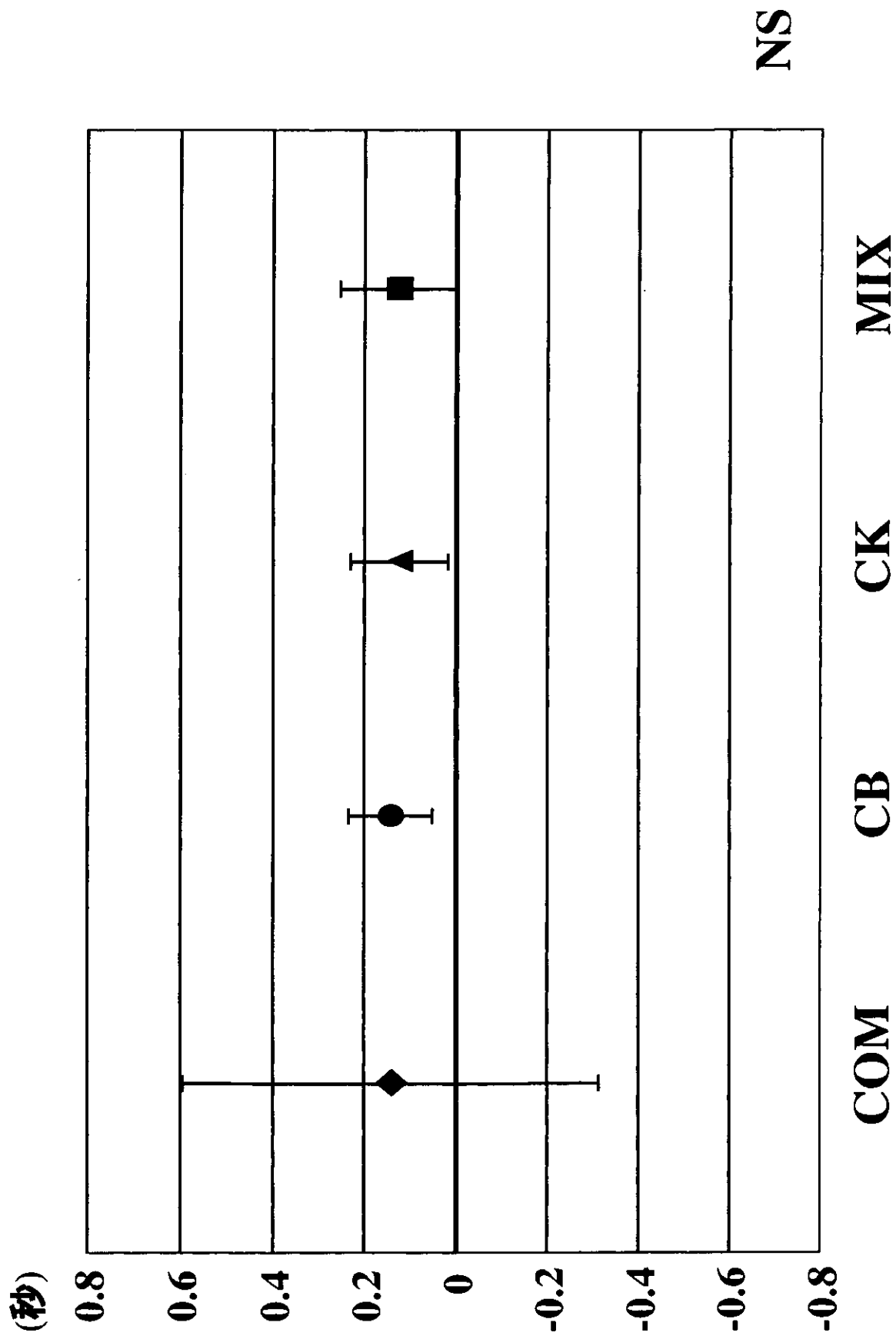


図2 OWO-IHMの時間差

平成 15 年度厚生労働科学研究
「摂食・嚥下障害患者の「食べる」機能に関する評価と対応」

分担研究項目

「ビデオ内視鏡検査所見による誤嚥要因の再考」研究報告書

分担研究者 才藤栄一 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
武田斉子 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
馬場 尊 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座

摂食・嚥下障害の評価法としてビデオ内視鏡検査（Videoendoscopy:VE）が使用され始めたのは、Langmore らが Fiberoptic Endoscopic Examination of Swallowing Safety（FEES）として 1988 年に報告してからである。その後名称の変更（FEES）はあるもののその有用性は VF との比較などから数多く報告されている。本研究では、若年健常群の咀嚼嚥下を含めた嚥下反射運動の観察から咀嚼嚥下の評価に関する VE の有用性と VE 所見から誤嚥要因を考察した。対象は健常成人 7 名（平均年齢 26.7±2.4 歳）とした。VE を使用し咀嚼嚥下を含めたいくつかの嚥下様式を観察し whiteout、喉頭蓋の翻転と復位、披裂間切痕の閉鎖の同定と食塊進行の観察を試みた。

結果：咀嚼の有無により喉頭蓋運動の観察に大きな変化はなかった。内視鏡先端位置の高位は食塊の動きの観察に適していた。低位は喉頭蓋翻転開始の同定と披裂間切痕閉鎖の同定に適していた。咀嚼嚥下では嚥下反射開始直前に披裂間切痕が閉鎖していなかった例が多かった。

考察：一連の反射運動の中で披裂間切痕の閉鎖のみが遅延することは考えにくい。したがって、披裂間切痕の未閉鎖は咀嚼中に行われる呼吸の影響が考えられた。咀嚼による stage II transport により中咽頭から下咽頭に食塊が進行したときに披裂間切痕の閉鎖が遅れることは、喉頭内侵入や誤嚥などの確率を高める可能性が示唆された。逆に嚥下前に故意に呼吸を止めるなどの手法は誤嚥防止に合目的であると考えられた。

研究協力者 藤井 航 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
横山通夫 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
小野木啓子 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
長江 恩 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
尾関保則 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
三串伸哉 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座
Jeffrey B. Palmer ジョーンズ・ホプキンス大学リハビリテーション科教授

A. 研究目的

摂食・嚥下障害に対する標準的検査としてはVFが広くgold standardとして用いられてきた。誤嚥の有無の確認、不顕性誤嚥の発見、効果的な体位・食物形態・代償法の決定などに有用である^{1,2)}。しかし、放射線の被曝があること、被験物に造影剤を含ませなければならないこと、X線透視台の必要性などの施設的な問題点を有し、複数回の検査には難点がある。近年、それにならぶ有用な検査としてビデオ内視鏡検査 (Videoendoscopy:VE) が注目されている。この検査は、鼻咽腔ファイバーを鼻腔より咽頭に挿入し観察するもので、実像を観察できる、被曝がない、検査場所を選ばない、通常のおもちゃでも評価可能といった点からその有用性が高く評価されている。しかし、その研究報告においては液体やゼリーなどの被験物を1口で飲む行為、つまり命令嚥下によるものが中心で、咀嚼を伴う嚥下の評価は Ohmae らがリンゴをもちいて試験的に行った報告³⁾ や、Dua らにより摂食時の咽頭への食塊の流れと嚥下反射との関連を検討した報告⁴⁾ が散見されるのみで、VEによる咀嚼嚥下を対象とした報告は少ない。

摂食・嚥下障害の評価法としてVEが使用され始めたのは、Langmoreら⁵⁾がFiberoptic Endoscopic Examination of Swallowing Safety (FEES) として1988年に報告してからである。その後名称の変更 (FEES) はあるもののその有用性はVFとの比較などから数多く報告されている⁶⁻¹⁰⁾。本邦においても、藤島らをはじめ数多くの報告¹¹⁻¹³⁾ がなさ

れており、今日ではVFとならびgold standardとなりつつある。その利点としては咽頭・喉頭を直視的に観察できる、放射線による被曝がない、造影剤などで加工したものではなく実際の食事場面での観察が可能、小児でも観察可能、検査場所があまり限定されずベッドサイドでも可能、施設的にVFが施行できない特別養護老人ホームや介護施設などでも可能であるといった点があげられる¹⁴⁻¹⁶⁾。しかし、軟口蓋の挙上または咽頭管の収縮によるwhiteoutにより嚥下反射時の観察が不可能であるといった大きな欠点がある。この欠点からVEと嚥下反射の関係についてはあまり検討がなされていない。臨床におけるVE評価の主な着目点は構造と嚥下反射直後における咽頭腔内あるいは喉頭腔内の食塊残留である。残留の程度により喉頭や咽頭機能の左右差や、誤嚥の有無を評価する。つまり、VEの評価は嚥下運動そのものではなく嚥下運動の結果の評価が中心である。これはVEがwhiteoutによる嚥下反射中の視野消失により、この間の観察が不可能であるためとされている。whiteoutは軟口蓋あるいは咽頭管収縮などによりひきおこされる運動の結果であり、理論上想定される生理学的な嚥下反射開始時点より後の現象である。実際、PerlmanとVan Daele¹⁷⁾は超音波検査との同期画像から液体命令嚥下ではwhiteoutは喉頭蓋の反転開始後0.34秒で、また、Logemannら¹⁸⁾もVFとの同期画像から喉頭挙上開始後0.021秒でおこると報告している。つまりVEを用いた注意深い観察により嚥下反射開始後初期の情報は得られると考えられ

る。また、whiteout直後に関してもこの時点では未だ嚥下反射は終了していないと考えられ、嚥下反射終末の情報も得られると考える。

これまで、嚥下反射の評価、特に嚥下反射開始との時間的相互関係の評価はもっぱらVFを中心に行われてきた^{18,19)}。しかし、上述のとおりVEを用いて、嚥下反射の初期と終末期の情報は得ることが可能である。つまり、VEを用いても一連の嚥下過程の一部ではあるがその動態の観察は可能であると考えられる。

本研究ではVEを用いた咀嚼嚥下の評価の可能性と有用性、VE所見による誤嚥要因について若年健常群にて検討した。

B. 研究方法

1. 対象

摂食・嚥下障害の訴えがなく、咀嚼と嚥下に関して機能的あるいは器質的疾患のない健康成人7名（男性5名、女性2名、平均年齢 26.7 ± 2.4 歳）を対象とした。

2. 被験物

嚥下様式は空嚥下（Dry Swallow; DRY）、50% w/v バリウム液 5ml の命令嚥下（Command Swallow; COM5）と、50% w/v バリウム液 5ml を投与後に咀嚼をさせた嚥下（Mastication Swallow; MST5）、バリウム含有コンビーフ 8g を咀嚼させた嚥下（Corned Beef; CB）の4種とした。

3. 方法

VEシステムは研究課題5と同様の構成であった。

内視鏡は可及的に少量の局所麻酔（キシロ

カインゼリー）を使用して経鼻的に挿入した。内視鏡先端の位置については、高位（HIGH）として、「披裂間切痕を視野の中央に置き、視野の下縁に口蓋垂を確認できる高さ」、低位（LOW）として「披裂間切痕を視野の中央に置き、視野の下縁に喉頭蓋先端が確認できる高さ」の2種を設定した。なお、被験者の体位は自然な座位とし、頭部はヘッドレストにて安定させ、頭位が変化しないようにした（図1）。

嚥下の指示は口頭で与え、DRY およびCOM5は「飲んでください」と指示し、MST5 およびCBについては「味わうようによく噛んで食べてください」と指示した。この場合、咀嚼は自由に行わせ嚥下終了まで指示は与えなかった。

施行回数はそれぞれの嚥下様式につき、HIGH および LOW、各3施行ずつ、1被験者で計24施行、総計168施行であった。

30フレーム毎秒で録画されたVE動画を、パーソナルコンピュータ(iMac DV model, Apple)を用いビデオ編集ソフトウェア(iMovie, Apple)を応用して繰り返しスロー再生、静止再生、リバース再生などを行い解析した。

観察項目は、whiteout、喉頭蓋運動、披裂運動、食塊の咽頭進行とした。それぞれの観察点は、視野全体の消失時点をwhiteoutの開始（Onset of whiteout : OWO）、および視野の回復時点をwhiteoutの終了（End of whiteout : EWO）、喉頭蓋の運動開始を喉頭蓋運動開始（Onset of elevation of epiglottis : OEE）、披裂間切痕閉鎖を

(Closure of arytenoids : CA), whiteout の終了後、喉頭蓋が元の位置に戻った時点を喉頭蓋復位 (Return of epiglottis : RE) とした。また、whiteout 前で最初に食塊の先端を観察できた時点を whiteout 前咽頭進行 (Bolus transport into pharynx : BTP) とし、内視鏡先端の高さごとに、映像から上記の各時点の同定を試み、それぞれの嚥下様式で同定が可能であった割合の変化を検討した (図 2, 3)。

C. 研究結果

施行した全 168 施行中、技術上の理由から観察に不相当であった 4 施行を削除し、合計 164 施行の観察を行った。

1. 喉頭蓋運動開始 (OEE) (表 1)

OEE は HIGH で 47.5% (80 施行中 38 施行)、LOW で 81.0% (84 施行中 68 施行) 同定された。OEE 前に OWO となった (OEE が同定されない) 施行は HIGH で 50.0% (80 施行中 40 施行)、LOW で 16.7% (84 施行中 14 施行) であった。

2. 披裂間切痕閉鎖 (CA) (表 2)

披裂間切痕の観察が可能であった施行は HIGH で 21.3% (80 施行中 17 施行)、LOW で 86.9% (84 施行中 73 施行) であった。

LOW において CA は OEE 前に 42.9% (84 施行中 36 施行) が同定され、OEE 前に CA をみないものは 28.6% (84 施行中 24 施行) であった。OEE が同定されず OWO 前に CA が同定されたものは 8.3% (84 施行中 7 施行)、CA をみないものは 7.1% (84 施行中 6 施行) であった。

LOW において嚥下様式別にみると、OEE 前で CA をみた例は COM5 では 61.9% (21 施行中 13 施行)、MST5 で 42.9% (21 施行中 9 施行)、DRY で 38.1% (21 施行中 8 施行)、CB で 28.6% (21 施行中 6 施行) であった。

3. whiteout 前咽頭進行 (BTP) (表 3)

BTP が同定された施行は、HIGH で 55.9% (59 施行中 33 施行)、LOW で 14.3% (63 施行中 9 施行) であった。HIGH において嚥下様式別にみると COM5 は 40.0% (20 施行中 8 施行)、MST5 は 65.0% (20 施行中 13 施行)、CB は 63.2% (19 施行中 12 施行) であった。

4. 喉頭蓋復位 (RE) (表 4)

RE が同定された施行は、HIGH で 92.5% (80 施行中 74 施行)、LOW で 35.7% (84 施行中 30 施行) であった。EWO の時点ですでに RE が終了していたものは HIGH で 5.0% (80 施行中 4 施行)、LOW で 34.5% (84 施行中 29 施行) であった。

D. 考察

被験物・嚥下様式について

今回の被験物・嚥下様式は武田ら²⁰⁾の報告を参考にした。この報告では咀嚼嚥下の検討が詳細に行われているので、それと比較検討するためである。したがって、被験物の調整には、本来は造影剤を必要とはしないが、物性を同一にする目的でバリウムを含有させた。内視鏡先端の位置について

今回の研究では内視鏡先端位置が重要になる。先端の位置により whiteout のタイミン

グが変わり、喉頭蓋や披裂部の見え方が異なる。ここではLogemannらやOhmaeらの報告^{8,9)}を参考にそれらの報告よりも若干高い位置で設定した。その理由は、今回は喉頭蓋の運動を主要な観察点としているため、喉頭蓋の先端を視野に入れることと、この研究の事前検討において、Ohmaeらの位置では咀嚼を伴う嚥下の評価の場合、咽頭に進行する食塊あるいは咀嚼運動による喉頭の動きにより喉頭の観察が困難な場合が多かったためである。この調整により食塊または唾液の影響などの技術的理由によって評価不能であった施行は168施行中4施行のみであった。

喉頭蓋運動の開始 (OEE) について

従来のVFを用いた嚥下反射における軟口蓋運動や喉頭運動に関する命令嚥下での報告では、軟口蓋挙上と喉頭挙上はほぼ同時におこるとされている。今回、VEによる検討ではOWO前にOEEが同定できた割合は内視鏡先端の位置により変化し、HIGHで47.5%、LOWでは81.0%であった。HIGHの内視鏡先端位置は軟口蓋上にあるため、この時のwhiteoutは軟口蓋挙上によるもの、LOWのwhiteoutは咽頭管の収縮、あるいは喉頭と内視鏡先端の接触によるものと考えられる。従来のVFによる報告に照らし合わせると、HIGHの場合のOEEの同定は軟口蓋の運動により困難であることが推測されるものの、鼻咽腔閉鎖前にOEEがおこればその同定は可能と考えられる。今回の結果は、約半数でOEEの同定が可能であった。このことは軟口蓋挙上と喉頭蓋翻転がほぼ同時におこり、それらの運動の開始の同定が無作為にばらついてい

る結果と考えるとこれまでの報告と比較して妥当であると思われる。

一方、LOWは先端が軟口蓋を越えて喉頭蓋直上にあるため、whiteoutは軟口蓋運動の影響は受けず、喉頭挙上あるいは喉頭挙上開始後におこる中咽頭以下の収縮による。したがってOEEや嚥下反射初期における披裂の観察に適していると推測される。同様の報告はLogemannら⁸⁾により喉頭挙上運動 (laryngeal elevation) について行われている。この報告では喉頭挙上運動についての明確な定義はされていないが、喉頭蓋の運動ではなく喉頭の垂直方向への運動を評価していることが推察され、その結果は液体の命令嚥下でhigh positionで31%、low positionで63%に確認されたとある。これらの位置は前述の通り今回の研究よりもそれぞれ低く設定している。特にlow positionでは内視鏡先端は喉頭口内にあり、喉頭蓋先端は観察されない。この場合、喉頭運動は軸位方向からの観察となりメルクマールが曖昧になる可能性がある。一方、喉頭蓋はVEにおいてもその運動が観察しやすく喉頭運動開始の指標として適切な器官であると思われる。今回はこの報告よりもやや高い位置に内視鏡先端を置きLOWにおいても喉頭蓋先端の観察を可能にした。今回の結果では8割以上の例でOEEが同定され喉頭蓋運動の開始の確認はLOWが適していると考えられた。一方、2割弱で同定されなかったが、それらはOEE前にwhiteoutがおこった場合が多かった。

披裂間切痕の閉鎖 (CA) について

CA は嚥下運動の早期におこり、被験物の

量によってその開始時間は変わらないといわれている³⁾。また披裂は呼吸による運動も認められ、随意的な呼吸停止(息こらえ)で閉鎖する²¹⁾など、呼吸による影響は無視できないと思われる。

VEを用いたCAの観察頻度は、5mlの液体嚥下・喉頭挙上直前という条件でOhmaeら³⁾の82%、Logemannら⁸⁾の77%としている。本研究の同条件の結果では76.5%(13/17)であり、やや低い頻度であった。この差は、前述したとおり内視鏡先端の位置をそれらの報告よりもやや高い位置に設定し、喉頭蓋を観察可能にしたため喉頭蓋による死角が増加したことによると考えられた。

咀嚼嚥下との関連について

1997年にPalmerらにより示されたProcess modelは、咀嚼を要する固形物の嚥下、いわゆる咀嚼嚥下の動態では咀嚼により粉碎された食物が舌による能動的輸送により中咽頭に送り込まれ(Stage II transport)、そこで食塊としてまとめられることが特徴であるとしている²²⁻²⁴⁾。この報告より咀嚼嚥下の研究が進められている。これらの研究はVFを中心に行われているが、咀嚼を伴う嚥下の一連の過程を記録することは、放射線被曝の関連から、繰り返して行うことが困難である。したがって、被曝のないVEにより一定の評価が可能であれば今後の研究に非常に有用な手段となる。本研究ではそのための基礎研究として、従来の命令嚥下だけでなく咀嚼運動を加えて評価を行った。

今回の結果では、咀嚼運動を加えても、披裂部が観察されなかった割合はLOWにおい

てMST5で9.5%、CBで14.3%、喉頭蓋運動が観察できなかった割合はMST5で0%、CBで4.8%であり、その割合については咀嚼の有無により大きな変化はなかった。したがって、咀嚼を伴う嚥下でもVEを用いて一定の評価は可能と考えられた。

今回、武田らの咀嚼嚥下の報告²⁰⁾と比較検討する目的で、whiteout前における食塊の咽頭進行を検討した。武田らはVFを用いて嚥下反射開始直前の食塊の位置が硬口蓋先端を超えたものと下顎骨下縁を超えたものの割合を、それぞれ液体命令嚥下で38.6%、10.5%、液体咀嚼嚥下で55.0%、45.0%、コンビーフ咀嚼嚥下で85.0%、55.0%と報告している。今回のHIGHの結果は液体命令嚥下で40.0%、液体咀嚼嚥下で65.0%、コンビーフ咀嚼嚥下で63.2%となり、武田らの報告と比較して液体を含む被験物でやや高率、コンビーフでは前者と後者のほぼ中間的な結果となっている。この理由は、VFとVEの特徴の差、すなわち、実像と透過像の差異にあると考えた。VFは透過像であるので、X線非透過体がなければ死角は生じない。一方、VEは死角が生じ観察できない範囲がある。すなわち、HIGHでは中咽頭腔内で一部軟口蓋が死角となる。このため武田らの硬口蓋先端の位置は観察することができず、軟口蓋による死角を超えて奥舌に食塊が進んだ時に初めて観察できることになる。下顎骨下縁は、およそ奥舌の中間ほどの高さに位置している。つまり、HIGHでは武田らの定義した両者の範囲の中間的な領域を観察していると考えた。コンビーフの咀嚼嚥下では食塊が一塊になっ

ており、咽頭内に進行するときも一定の量以上になっているので、VFで咽頭内進行を観察できないことは少ないと考えられる。したがって、コンビーフの咀嚼嚥下での武田らとの報告の差異はこの観察領域の違いによるものと考えた。

LOWについては、内視鏡先端位置が中咽頭内にあるため観察範囲がそれより尾側に限られる。したがって、食塊はそれ以下に進行した場合に観察される。武田らの報告では下咽頭下部に食塊が進行したのは液体咀嚼嚥下で25%とあり、今回の結果とほぼ合致している。液体命令嚥下とコンビーフ咀嚼嚥下に関しては、武田らは下咽頭下部までの進行はないと報告しているが、今回の結果ではCOM5が14.3%、CBが9.5%観察された。これは観察範囲がLOWでは下咽頭よりも頭側に広い範囲を観察していることによるものと考えた。

以上より武田らの報告との一定の整合性があり今回の観察結果は妥当と考え、嚥下反射開始前の食塊の咽頭進行はVEでも評価が可能であると考えた。

CAについてMST5とCBとにおいて検討すると、OEE前にCAをみない例、すなわちOEE直前まで披裂間切痕が閉鎖しない例の割合はMST5 23.8%、CB 47.6%と高かった。咽頭期嚥下運動は一連の反射運動であるため、咀嚼の有無の影響でこの一連の運動が変化することは考えにくい。したがってこの割合の変化は、嚥下と呼吸の関連にあると考える。つまり、一般的に命令嚥下では口腔内に食塊が存在しているうちに呼吸は停止しているため、披裂は内転し、披裂間切痕は閉鎖してい

る。一方、咀嚼を伴う嚥下では、咀嚼中に呼吸していることが多く、これに伴い披裂は内転、外転を繰り返す。嚥下反射に伴う披裂間切痕の閉鎖は基本的には呼吸性の披裂の運動には影響されないと考えられるが、命令嚥下時は呼吸が停止しているため披裂は内転した状態からの閉鎖あるいはすでに閉鎖した状態であり、OEE前のCAになりやすいと考えられる。一方、咀嚼を伴う嚥下は吸気による披裂外転位からの閉鎖運動の開始となる場合が考えられ、結果的にCAが遅れOEE後のCA、つまりOEEで披裂間切痕が閉鎖していない例が多くなった可能性を考えた。いずれにせよ咀嚼によるstage II transportにより中咽頭から下咽頭に食塊が進行したときにCAが遅れることは、喉頭閉鎖のタイミングが遅れると予測され喉頭内侵入などの確率を高める可能性が示唆された。

空嚥下と液体の咀嚼嚥下について

今回は空嚥下（DRY）と液体の咀嚼嚥下（MST5）を検討する嚥下様式としてとり上げた。空嚥下は臨床評価として多用される嚥下様式である。指示をして嚥下を行わせることは命令嚥下と同様であるが、口腔内に食塊がなく感覚入力による feedback がいないことが異なり、嚥下反射を起こすのにより大きな筋力を使う²⁵⁾、また、通常の命令嚥下に比し喉頭の挙上、閉鎖時間がやや延長するなどの報告²⁶⁾がある。また、MST5は「液体を嚙む」という日常ではあまり行われぬ嚥下様式である。しかし、武田らの咀嚼嚥下の報告²⁰⁾ではこの嚥下様式の検討を行い、咀嚼による嚥下動態の変化が非常に大きいと報告して

いる。

今回の結果で特徴的なことは、OEE直前でCAが観察されなかったものの割合が、液体命令嚥下とコンビーフ咀嚼嚥下との中間的な値となり、かつそれぞれの割合がほぼ同程度であったことである。この理由は液体咀嚼嚥下が不自然な咀嚼でありその嚥下動態が不安定であった可能性、あるいは液体は咀嚼をする場合でも呼吸が停止していることが多い可能性などが考えられた。空嚥下の場合も液体咀嚼嚥下と同様に食塊のない嚥下という不自然な嚥下様式の結果あるいは呼吸との関連を考えることは可能である。しかし、空嚥下を振り返って考えてみると、我々が空嚥下を命じられた場合、しばしば口腔内に存在する微量の唾液を舌で集積し奥舌あるいは咽頭へ送り込むような運動を行う、この運動がいわゆるstage II transportと類似した運動となり咀嚼を伴う嚥下に似た嚥下動態になるとも考えられた。

喉頭蓋の復位 (RE) について

嚥下反射におけるREは一連の嚥下反射運動の終了の指標となる重要な所見の一つで、VFと筋電図の同時施行などの報告²⁷⁻²⁹⁾がある。一方、VEではこれに関する報告は少ない。VEでREの同定が可能であれば、VEによる嚥下動態の評価に非常に有用な知見となる。本研究ではREが同定できた割合は全体で75.9% (103/137)であり、各被験物間による頻度の違いはみられなかった。内視鏡の位置による相違は、HIGHが92.5%、LOWで35.7%であった。HIGHのEWOは軟口蓋と咽頭後壁の開放による視野の回復か

らなるので、喉頭蓋の運動、喉頭挙上運動には直接影響されず、EWOがREより先におればそれは同定される。ただし咽頭に残留した食塊により喉頭蓋が被覆されればその同定は困難になる。実際、REは9割以上で観察され、残りの1割弱は食塊の影響により同定が困難であった。他方、LOWの場合、EWOは喉頭挙上運動に影響されやすい。喉頭挙上により内視鏡先端が喉頭蓋先端の下方に移動すると、REの評価はできなくなる。また、先端は食塊の通過経路に位置し嚥下による食塊の通過後には食塊がレンズに付着し視野の十分な回復が得られないことも多い。これらのことから、LOWで同定された割合が低かったと考えた。

嚥下造影との対比など

これまでの嚥下運動のタイミングに関する研究はVFが中心であった。VFは咽頭期嚥下運動時の舌骨、喉頭蓋、喉頭(甲状軟骨)運動などの観察や、造影剤含有食塊との位置関係などが明確である。このため、X線で可視化できるこれらの組織をメルクマールにいくつかの検討が行われている^{3,8)}。しかし、被曝の問題から同一例の反復施行は倫理的問題で行うことができない。このため、多数回施行による再現性の検討などはほとんど行われていない。またVFは間接像または透過像であるので、三次元的情報が二次元的情報に変換されることによる奥行き情報の相殺が常に生じる、披裂や声帯などの軟部組織の運動がとらえ難い、あるいは造影剤の濃度によって食塊の見え方が変わるなどの欠点もある。

他方、VE は被曝がなく、実像である。繰り返し何度でも施行をすることができ、三次的情報を評価することができる。今回の結果からは、内視鏡先端の位置を変化させる必要はあるものの、1回の施行で今回の目的とした運動の7割から9割を観察することができた。観察できなかった場合は、分泌物や食塊の影響や手技の問題のようなランダムな要因が多く含まれていると考えられ、複数回施行することによりほぼ全例に観察が可能になると思われた。

今回は喉頭蓋運動と披裂部の運動を観察対象としたが、どちらも嚥下反射開始時の指標となりうるものである。また、軟口蓋の挙上も同様に指標となりうる。今回の結果から、VEを用いてこれらの観察は可能であり、今後嚥下運動のタイミングを検討する有用な指標になると考えた。特にいくつかの嚥下様式による多数回施行の検討は再現性の検討など今後有用な情報となりうると思った。

また、今回は whiteout を基点に喉頭蓋あるいは披裂の運動を評価したが、VFでは舌骨運動を嚥下反射開始の基点として多くの検討が行われてきた²⁰⁾。これらの報告との整合性を検討することが必要である。このためにはVEとVFとを同一施行で完全に同期させて行うことが有用である。このような報告^{3,8)}は散見されるものの、特に咀嚼嚥下においては十分な検討はなされていないと思われる。またこれは実像と透過像を同期することとなり、新たな知見が得られる可能性があると考ええる。さらに、披裂運動の考察に関しては呼吸の影響を考慮する必要があり、呼吸モニタ

ーとの同期施行が必要と思われた。

E. 参考文献

- 1)才藤栄一, 木村彰男, 矢守 茂, 森ひろみ, 出江紳一, 千野直一: 嚥下障害のリハビリテーションにおける Videofluorography の応用. リハ医学 23: 121-124, 1986.
- 2)Palmer, J.B., Kuhlemeier, k.v., Tippett, D.c., Lynch, c.: A protocol for the Videofluorographic swallowing study. Dysphagia 8: 209-214, 1993.
- 3)Ohmae, Y., Logemann, J.A., Kaiser, P., Hanson, D.G., Kahrilas, P.J.: Timing of glottic closure during normal swallow. Head and Neck 17: 394-402.
- 4)Dua, K.S., Ren, J., Bardan, E., Xie, P., Shaker, R.: Coordination of deglutitive glottal function and pharyngeal bolus transit during normal eating. Gastroenterology 112: 73-83, 1997.
- 5)Langmore, S.E., Schatz, K., Olson, N.: Fiberoptic endoscopic examination of swallowing safety, A new procedure. Dysphagia 2: 216-219, 1988.
- 6) Wu, C.H., Hsiao, T.Y., Chen, J.C., Chang, Y.C. and Lee, S.Y.: Evaluation of swallowing safety with fiberoptic endoscope, comparison with videofluoroscopic technique. Laryngoscope 107: 396-401, 1997.
- 7) Langmore, S.E., Schatz, K., Olson, N.: Endoscopic and videofluoroscopic evaluations of swallowing and aspiration.

- Ann Otol Rhinol. Laryngol. 100 : 678-81, 1991.
- 8) Logemann, J.A., Rademaker, A. W., Pauloski, B.R., Ohmae, Y., Kahrilas, P.J. : Normal swallowing physiology as viewed by videofluoroscopy and videoendoscopy. Folia Phoniater. Logop. 50 : 311-319, 1998.
- 9) Logemann, J.A., Rademaker, A.W. Pauloski, B.R., Ohmae, Y., Kahrilas, P.J. : Interobserver agreement on normal swallowing physiology as viewed by videoendoscopy. Folia Phoniater. Logop. 51 : 91-98, 1999.
- 10) Shaker, R., Dodds, W.J., Dantas, R.O., Horgan, W.J., Arndorfer, R.C. : Coordination of deglutitive glottic closure with oropharyngeal swallowing. Gastroenterology 98 : 1478-1484, 1994.
- 11) 藤島一郎 : 脳卒中の摂食・嚥下障害. pp.74-79, 医歯薬出版, 東京, 1999.
- 12) 椿原彰夫 : 嚥下障害の評価 ビデオ嚥下造影検査からビデオ喉頭内視鏡検査へ. 日摂食嚥下リハ誌 4 : 78-79, 2000.
- 13) 石井雅之 : 嚥下内視鏡による誤嚥評価—嚥下造影との比較—. 川崎医学会誌 27 : 323-330, 2000.
- 14) Leder, S.B., Karas, D.E. : Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing in the pediatric population. Laryngoscope 110 : 1132-6, 2002.
- 15) 小森祐子, 杉田佳織, 豊里 晃, 植田耕一郎, 野村修一 : 特別養護老人ホームでのビデオ内視鏡を用いた摂食機能評価. 新潟歯会誌 31 : 163-166, 2001.
- 16) 豊里 晃, 植田耕一郎, 野村修一 : 介護施設における摂食・嚥下機能評価及び訓練へのビデオ内視鏡の応用. 障害者歯科 23 : 181-184, 2002.
- 17) Perlman, A.L., VanDaele, D.J. : Simultaneous videoendoscopic and ultrasound measures of swallowing. J. Med. Speech-Language Path. 1 : 223-232, 1993.
- 18) Kendall, K.A., McKenzie, S., Leonard, R.J., Goncalves, M.I., Walker : Timing of events in normal swallowing: A videofluoroscopic study. Dysphagia 15 : 74-83, 2000.
- 19) Kendall, K.A., Leonard, R.J., McKenzie, S.W. : Sequence variability during hypopharyngeal bolus transit. Dysphagia 18:85-91, 2003.
- 20) 武田斉子, 才藤栄一, 松尾浩一郎, 馬場 尊, 藤井 航, Palmer, J.B. : 食物形態が咀嚼-嚥下連関に及ぼす影響. リハ医学 39 : 322-330, 2002.
- 21) Martin, B.J.W., Logemann, J.A., Shaker R., Dodds, W.J. : Normal laryngeal valving patterns during three breath hold maneuvers: a pilot investigation. Dysphagia 8 : 11-20, 1993.
- 22) Palmer, J.B. : Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: a new model for the physiology of swallowing. 日摂食嚥下リハ誌 1 : 15-30, 1997.