

## 咀嚼・嚥下複合体における食塊進行の検討

藤田保健衛生大学大学院  
医学研究科・外科系整形外科学（指導教授：才藤栄一）

柴田 斉子

### 緒 言

嚥下障害の標準的検査としてビデオ嚥下造影検査（videofluorography：VF）が広く用いられている。この検査は、外側から見えない喉頭や咽頭の運動を可視化し、食塊の動きも追跡可能とする、摂食・嚥下の研究や臨床に対する重要な検査方法である。<sup>1-5</sup> VF登場以前はcineradiographyが応用されていたが、被曝量や経済性などの問題で観察時間が限られていた。したがって、命令嚥下（command swallow；液体や食塊を口腔に含ませた後、飲んでくださいという命令を合図に一息で飲み込む嚥下）の観察が中心であった。VFが嚥下に応用されるようになったあとも、命令嚥下は検査を効率的に行うための単純化課題として広く受け入れられてきた。<sup>6</sup> そして摂食・嚥下障害の評価は古典的な4期モデル（Four-stage sequence model）の概念をもとに行われてきた。<sup>7-9</sup> この4期モデルは、嚥下運動を口腔準備

期、口腔送り込み期、咽頭期、食道期の4期に明確にわけ、それぞれは重複することなく、連続する過程であると定義されている。また、嚥下反射の開始時期については、食塊が口腔から咽頭に送りこまれた瞬間に始まるとされ、VF側面像で下顎下縁と舌根部の交差点を食塊先端が通過する時点を嚥下反射開始と定義し、その遅延や延長を議論してきた。

ところが、固形物の嚥下では咀嚼を伴い、その際には、4期モデルとは異なった概念を用いて解釈する必要があることをHiimaeとPalmerが示した。<sup>10-12</sup> その彼らの提唱するプロセスモデル（Process model）は、咀嚼を伴う嚥下（咀嚼嚥下；chewed swallow）時には、咀嚼により嚥下可能なまでに粉碎された食物が舌による能動的輸送（Stage II transport）によって中咽頭に送り込まれ、そこで食塊としてまとめられることを特徴としている。すなわち咀嚼嚥下では嚥下反射が開始

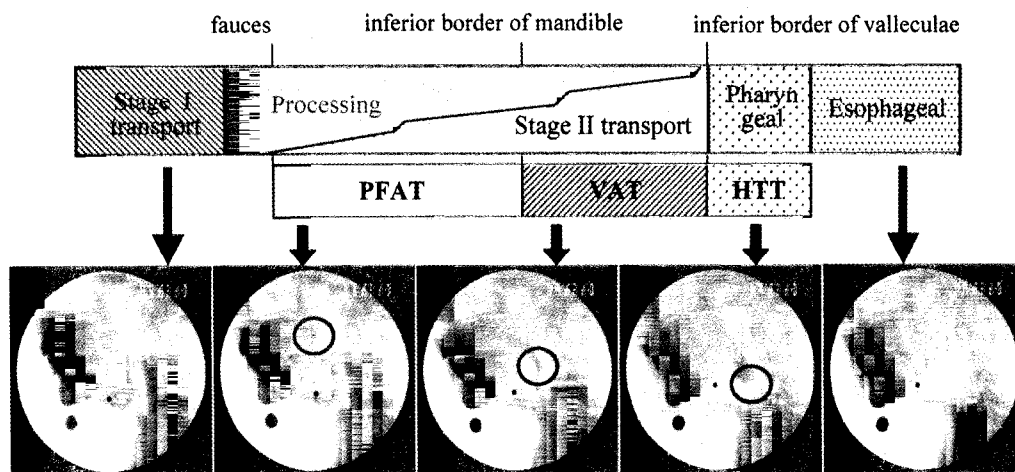


図1 Process modelの流れ

Process modelの模式図と健常人が半固形物（コンビーフ）を咀嚼嚥下したときのVF画像を示す。口腔内に取り込まれた食物は舌により臼歯部まで運ばれた（stage I transport）後に、咀嚼され（Processing）嚥下可能なまでに粉碎され、舌による能動輸送により中咽頭まで送り込まれ（Stage II transport）、食塊形成される。Stage II transportはVFからみた食塊先端の位置によりPFATとVATに分けられる。PFAT：Postfaucal aggregation time、食塊先端が口峽を越えてから下顎下縁と舌背が交わる高さまで。VAT：Valleculae aggregation time、下顎下縁と舌背が交わる高さを超えてから喉頭蓋谷に達するまで。HTT：Hypopharyngeal Transit time、狭義の咽頭期に相当し、食塊先端が喉頭蓋谷を越え食道入口部に達するまでと定義された。

される前に食塊が咽頭に進行する（嚥下前咽頭進行）ということである。このようにこのモデルは固形物を咀嚼して嚥下するときの動態は液体の命令嚥下とは大きな違いがあることを示している。臨床に当てはめてみると、これまでの命令嚥下の概念すなわち4期モデルでは、嚥下反射開始前に食塊が口峽を越えて咽頭に達する例は嚥下反射の遅れなどの異常があると考えられていた<sup>13,14</sup>。しかしこのモデルで考えると、咀嚼条件下では口峽あるいは喉頭蓋谷で食塊形成の行われることが通常のこととなる。また、この現象は咀嚼を行うと嚥下反射の開始が遅くなる可能性を示唆するものともとらえることができる。このようにこれらのモデルの概念の相違は著しく、Process modelの登場は古典的概念を大きく覆し、嚥下生理や病態生理の考察への4期モデルの汎用に再考を促す衝撃的なものであった。

実際、咀嚼を伴う嚥下は日常行われる通常の食事行為である。経口摂食を行う万民が行うものである。したがって、その特徴を知ることは摂食・嚥下障害に対するリハビリテーションを考察する上で不可欠なものである。よってここに登場したPalmerらのProcess modelの概念を十分に検証することは、我々の摂食・嚥下リハビリテーションの概念に多大な影響を与えることとなる。そこで著者は以下の研究を計画し実施した。

本研究の目的は、Process modelの検証とその特徴を検討すること、咀嚼嚥下の臨床的評価法を検討すること、咀嚼の有無と嚥下反射惹起性との関連を調査することである。

本研究は以下の3つの研究からなる。

研究1：咀嚼を有する嚥下における嚥下反射開始時の食塊先端位置について、食物形態・量あるいは体位を変化させての検討。ここではPalmerらのProcess model<sup>10-12</sup>に、液体の咀嚼嚥下、固形物と液体の混合物の咀嚼嚥下を加え、追試を行った。さらに、重力の影響を操作する目的の「よつばい位」で同様に試行し、Process modelの特徴を検討する。

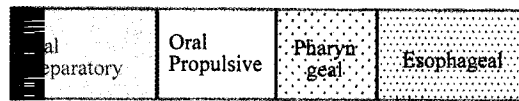
研究2：摂食・嚥下障害例へのProcess modelの適応。ここでは摂食・嚥下障害例に対し、咀嚼負荷嚥下法（第3章で説明）を試行し、Stage II transportが生じる割合と、嚥下反射開始時の食塊先端の位置を研究1と同様に検討した。さらに、嚥下障害の重症度や誤嚥頻度との関連を検討した。また、咀嚼嚥下の評価方法について検討した。

研究3：咽頭へ液体を直接注入した時の嚥下反射惹起について、意志による抑制と咀嚼の有無による影響の検討。ここでは咀嚼の有無が嚥下反射の惹起性に影響を与えるかを検討した。咀嚼有り無しの場合に加え、特殊な条件「嚥下を我慢」（意志による嚥下の抑制）を加え比較条件を増し、結果の精緻化を試みた。本研究は嚥下内視鏡を用いて行い、喉頭、咽頭の形態変化についても検討を加えた。

## 第1章 研究1：咀嚼を有する嚥下における嚥下反射開始時の食塊先端位置についての検討

### 第1節 序論

## Four-Stage Model for Liquid



## Process Model for Solid food

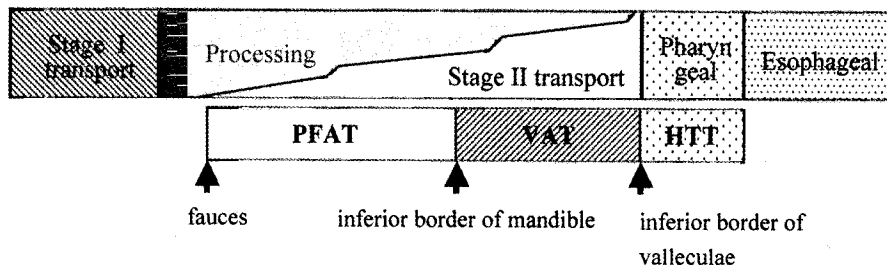


図2 4期モデルとProcess modelの比較

4期モデルでは咽頭期は食塊が口腔内から咽頭に送り込まれる動きにより開始すると定義され、口腔期と明確に分けられている。嚥下反射遅延はVF側面像で下顎下縁と舌根部の交差点を指標として、食塊の位置により判断される。

Process modelでは咀嚼により粉碎された食塊は口峽を越えて中咽頭に送り込まれ、中咽頭で食塊としてまとめられること、口腔準備期（咀嚼）と口腔期（送り込み期）はオーバーラップすることを報告している。

これまで嚥下動態の評価には4期モデルが汎用されてきた。これは液体の命令嚥下（口腔内に保持した液体を合図に従って一息に飲み込む嚥下方法）の評価をもとにつくられており、条件が一定な実験的研究で記録された事象の検討を行う上では適切なモデルであった。しかし我々が普段行っている摂食場面では、様々な形態の食物を咀嚼して、自由なタイミングで嚥下することが普通であり、命令嚥下とは著しくかけ離れた動態を示す。4期モデルでは嚥下反射開始まで食塊は口腔に保持されると考えられてきたが、Lindenらによる健常者の液体およびペースト状のバリウムを嚥下させたVFでの評価<sup>18</sup>、あるいはDuaらの喉頭内視鏡を用いた健常者の自由な摂食の評価などで嚥下反射開始前に食塊が咽頭に進行する現象が報告され、4期モデルで説明するには限界が生じた。

1997年にPalmerらは初めての固形物の咀嚼嚥下モデルとしてProcess modelを発表した。彼らは、クッキー、バナナ、ペースト状の鶏肉などの固形・半固形食品を被験物として用いて咀嚼嚥下を観察した。このモデルの特徴は、咀嚼により粉碎されて細かくなった食塊が、咀嚼と並行して中咽頭に進入し、嚥下反射開始前に喉頭蓋谷で食塊としてまとめられることである。この咀嚼に伴って食塊が口峡から咽頭に送り込まれる現象をStage II transportと定義した<sup>11,12</sup>。また咽頭にかかる重力を除く目的で行ったよつばい位での同様の観察により、Stage II transportの成因が重力の影響ではなく、舌の能動輸送が主であると報告した。今回著者は、Palmerらの研究に、液体の咀嚼や半固形物と液体の混合物の咀嚼嚥下を課題として加えて追試し、彼らの研究では明らかになっていない各被験物でのStage II transportの出現率を検討すること、同様によつばい位の実験でStage II transportに対する重力の影響を再度検証する目的で研究を行った。

## 第2節 研究方法

### (1) 対象

神経疾患や咽頭・喉頭疾患の既往がなく、摂食・嚥下障害に関する愁訴のない健常成人10名（男性6名、女性4名。年齢 $29.2 \pm 4.1$ 歳）を対象とした。

実験にあたり、藤田保健衛生大学医学部倫理委員会での審査を受け、承認を得た（平成14年6月19日）。被験者には文章及び口頭で実験の主旨と内容を十分に説明し同意を得た。また、実験の方法に関しては使用する食品の説明のみを行い、Stage II transportに関する説明は行わなかった。VF被曝時間は最大5分とした。

### (2) 被験物および嚥下条件の定義

被験物として(1)50% w/vバリウム水溶液10ml（液体）、(2)バリウム含有コンビーフ8g（コンビーフ）、(3)バリウム塗布クッキー8g（クッキー）、(4)50% w/vバリウム水溶液5mlとバリウム含有コンビーフ4gの混合物（混合）を用いた。

咀嚼嚥下では、各被験物について最初に「味わうように噛んで食べてください」と指示を与え、嚥下終了までにそれ以外の指示を与えることはせず、自由に咀嚼させた後に生じる自由なタイミングでの嚥下を観察した（以下、液体咀嚼、コンビーフ、クッキー、混合と表現）。液体においては命令嚥下を追加した（以下、液体命令）。命令嚥下の際には、検者が液体を被験者の口腔底にシリンジで注入し、保持させた後、「飲んで下さい」との指示に従って飲み込ませた。

### (3) 体位

まず透視室で被験者を楽な姿勢で背もたれのない丸椅子に座らせ（座位）、頭部の固定は行わなかった。各被験物、嚥下条件につき2試行ずつのVF側面像をデジタルビデオに記録した。次に、食塊にかかる重力の影響を除く目的でPalmerらの方法<sup>16</sup>に準拠し頸椎と床面とが平行になるように手を台の上に置いた状態（よつばい位）で、各被験物を同様に食させVF側面像を記録した。尚、よつばい位ではクッキーを除く被験物の咀嚼条件のみを評価した。

### (4) 計測機器と解析方法

本研究に使用した計測機器は以下の通りであった。VFシステムはX線透視撮影台（PBW-30A、東芝）、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）、1/100秒表記ビデオタイマー（VTG-33、朋栄）、30フレーム/秒録画のデジタルビデオ（WV-D9000、SONY）。パーソナルコンピューター（PowerBook G4、Apple）、ビデオ編集ソフトウェア（iMovie、Apple）。

解析方法は以下の通りとした。各条件で2試行ずつ記録したもののうち、データの記録上の不備による解析不能例（座位で3例、よつばい位で1例）を除き、座位で計97施行、よつばい位で計59施行のビデオデータをスローモーションで再生し解析した。解析の基点として、嚥下に先だて舌骨が上前方への挙上を開始した時点「嚥下反射開始時点」と定義した。また、嚥下反射開始直前の画像フレームにおける食塊先端の到達した部位を「嚥下反射開始時点の食塊先端位置（以下、食塊先端位置）」とし、食塊の深達度の表現とした。

食塊先端位置はPalmerらのProcess modelを一部改

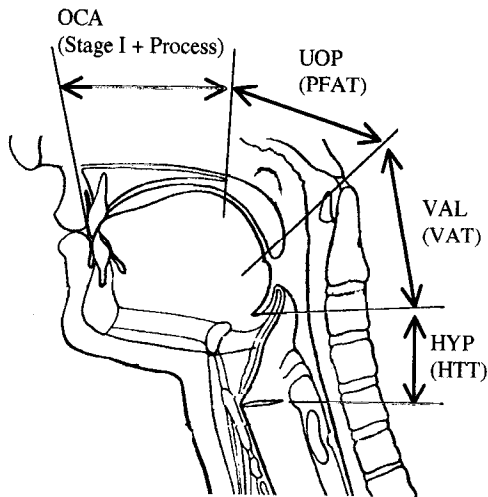


図3 口腔・咽頭領域の区分  
食塊先端位置を示すのに、図のように口腔・咽頭を区分した。  
( ) 内に領域に対応した位相時間の定義を示した。  
OCA : Oral cavity area (口腔内)  
UOP : Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)  
VAL : Valleculae area (喉頭蓋領域)  
HYP : Hypopharyngeal area (下咽頭領域)  
Stage I + Process : (口腔内移送時間)  
PFAT : Postfaucal aggregation time (口腔咽頭上部領域通過時間)  
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)

変し、以下のように分類した(図3)。すなわち、a) 口腔内(Oral cavity area; OCA) : VF側面像で口唇から硬・軟口蓋境まで、b) 口腔咽頭上部領域(Upper oropharynx area; UOP) : VF側面像で硬口蓋と軟口蓋の境界を越え下顎下縁の線に達するまで、c) 喉頭蓋領域(Valleculae area; VAL) : 下顎下縁を越え喉頭蓋谷底に達するまで、d) 下咽頭領域(Hypopharynx area; HYP) : 喉頭蓋谷を越え食道入口部に達するまで、また、UOPからVALまでを中咽頭、HYPを下咽頭と定義した。さらに、咽頭への深達度を口腔咽頭上部領域以降 : UOP+VAL+HYP (UOP以降)、喉頭蓋谷領域以降 : VAL+HYP (VAL以降)、HYPの3段階に分けて検討した。<sup>15,17</sup>

嚥下各位相はPalmerらに準拠し、食塊がOCAを通過する時間(口腔内移送時間) : Stage I + Process, UOPを通過する時間(口腔咽頭上部領域通過時間) : Postfaucal aggregation time (PFAT), VALを通過する時間(喉頭蓋谷領域通過時間) : Valleculae aggregation time (VAT), HYPを通過する時間(下咽頭領域通過時間) : Hypopharyngeal transit time (HTT)として、ビデオタイマーにより時間を計測し、各被験物における位相の差を検討した。

統計には食塊先端の各領域への到達率の検討に

Fisher's exact test を用い、各被験物における嚥下位相時間の差の検討に One-factor ANOVAを用いた。有意水準を1%とした。統計ソフトはSTATISTICA4.1J (StatSoft, Inc.), StatView 4.5 (Abacus Concepts Inc.) を使用した。

### 第3節 結果

(1) 座位 (upright) における食塊先端位置と深達度の検討(表1, 2, 図4)

表1に座位での嚥下反射開始時の食塊先端の位置の結果を示した。

液体命令では、OCA : 63.2%, UOP : 26.3%, VAL : 10.5%, HYP : 0%で、嚥下反射開始前に食塊が下咽頭に達する例は1例も認めなかった。

液体咀嚼では、OCA : 45.0%, UOP : 10.0%, VAL : 20%, HYP : 25%であり、嚥下反射開始前まで口腔内に留まったのは半数以下で、一方、1/4は下咽頭に達していた。固形物におけるVAL, HYPへの到達率は、コンビーフでそれぞれ55%, 0%, クッキーでそれぞれ50%, 15%であった。混合ではOCA, UOPはなくVAL : 27.8%, HYP : 72.2%であり、全例で嚥下反射開始前に食塊が喉頭蓋谷以降に達し、また、下咽頭に到達している率は7割以上であった。

UOP以降についてみると、液体命令嚥下、液体咀嚼嚥下、コンビーフ、クッキー、混合での割合はそれぞれ、38.6%, 55.0%, 85.0%, 90.0%, 100%であった。VAL以降についてみるとそれぞれ10.5%, 45.0%, 55.0%, 65.0%, 100%であった。

図4に代表例を示した。液体咀嚼および混合で嚥下反射開始以前に食塊が下咽頭に達している。

表2に座位におけるそれぞれの深達度の比較を示した。表中にはFisher検定のp値を示した。

UOP以降については、液体命令とコンビーフ・クッキー・混合との間に有意差を認めた。液体咀嚼とその他の咀嚼条件との間にも有意差を認めた。一方、コンビーフ、クッキー、混合との間には有意差を認めなかった。なお、コンビーフとクッキーとの間は、すべての条件で深達度に有意差を認めなかった。

VAL以降については、液体命令と全ての咀嚼条件(液体咀嚼を含む)との間に有意差を認めた。咀嚼条件内では、混合とその他の咀嚼条件とで有意差を認めた。

HYPでは、液体命令と液体咀嚼、混合との間で有意差を認めた。また、混合はその他の全条件との間に有意差を認めた。

(2) よつばい位 (facedown) における食塊先端位置と

表1 座位での嚥下反射開始時の食塊先端の位置

	LQc	LQm	CB	CK	MIX
総数	19	20	20	20	18
ケース数 (%)					
OCA	12 (63.2)	9 (45.0)	3 (15.0)	2 (10.0)	0 (0.0)
UOP	5 (26.3)	2 (10.0)	6 (30.0)	5 (25.0)	0 (0.0)
VAL	2 (10.5)	4 (20.0)	11 (55.0)	10 (50.0)	5 (27.8)
HYP	0 (0.0)	5 (25.0)	0 (0.0)	3 (15.0)	13 (72.2)
ケース数 (%)					
UOP以降	7 (38.6)	11 (55.0)	17 (85.0)	18 (90.0)	18 (100.0)
VAL以降	2 (10.5)	9 (45.0)	11 (55.0)	13 (65.0)	18 (100.0)

嚥下反射開始を舌骨の上前方移動開始時と定義し、ビデオ画像上で舌骨が上前方に急速に移動を開始した時点の一つ前のフレームから食塊先端の位置を判定した。

OCA: Oral cavity area (口腔内)

UOP: Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)

VAL: Valleculae area (喉頭蓋領域)

HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)

LQc: 液体命令嚥下, LQm: 液体咀嚼嚥下, CB: コンビーフ咀嚼嚥下, CK: クッキー咀嚼嚥下,

MIX: 混合咀嚼嚥下

表2 座位での食塊先端の深達度の検討 (Fisher's exact test)

食塊先端位置	LQc-LQm	LQc-CB	LQc-CK	LQc-MIX
UOP以降	0.208	0.003	0.001	<0.001
VAL以降	0.019	0.004	0.001	<0.001
HYP	0.027	1.000	0.125	<0.001

食塊先端位置	LQm-CB	LQm-CK	LQm-MIX	CB-CK	CB-MIX	CK-MIX
UOP以降	0.041	0.016	0.001	0.500	0.135	0.270
VAL以降	0.376	0.170	<0.001	0.374	0.001	0.006
HYP	0.024	0.347	0.004	0.115	<0.001	0.001

被験物の違い、咀嚼の有無による嚥下反射開始直前の食塊先端位置の差を検定した。

表中にはFisher's exact testによるp値を記した。

UOP: Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)

VAL: Valleculae area (喉頭蓋領域)

HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)

LQc: 液体命令嚥下, LQm: 液体咀嚼嚥下, CB: コンビーフ咀嚼嚥下, CK: クッキー咀嚼嚥下, MIX: 混合咀嚼嚥下

深達度の検討 (表3, 4, 図4, 5)

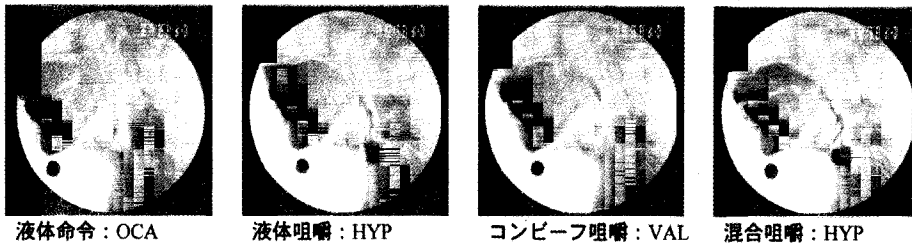
表3によつばい位での食塊先端位置の結果を示した。

よつばい位では嚥下反射開始時の食塊先端の到達位置は、液体咀嚼でOCA: 15%, UOP: 30%, VAL: 45%, HYP: 10%, コンビーフでOCA: 0%, UOP: 47.4%, VAL: 52.6%, HYP: 0%, 混合でOCA: 5%, UOP: 35%, VAL: 55%, HYP: 5%であつ

た。いずれの食形態でも嚥下反射開始時の食塊先端位置はVALが多かった。

UOP以降についてみると、液体85%, コンビーフ100%, 混合95%, VAL以降では、液体55%, コンビーフ52.6%, 混合60%, HYPは、液体10%, コンビーフ0%, 混合5%であった。また、UOP以降, VAL以降, HYPの3段階の全てにおいて、食物の違いによる

A. 座位



B. よつばい位

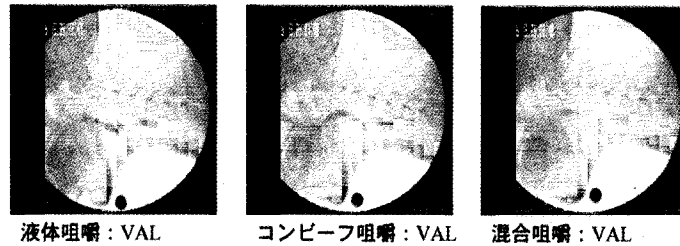


図4 嚥下反射開始直前の食塊先端位置 (31歳, 女性)  
嚥下反射開始を舌骨の上前方移動開始時と定義し, ビデオ画像上で舌骨が上前方に急速に移動を開始した時点の一つ前のフレームから食塊先端の位置を判定した。  
OCA: Oral cavity area (口腔内)  
VAL: Vallecule area (喉頭蓋領域)  
HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)

表3 よつばい位での嚥下反射開始時の食塊先端の位置

	LQm	CB	MIX
総数	20	19	20
ケース数 (%)			
OCA	3 (15.0)	0 (0.0)	1 (5.0)
UOP	6 (30.0)	9 (47.4)	7 (35.0)
VAL	9 (45.0)	10 (52.6)	11 (55.0)
HYP	2 (10.0)	0 (0.0)	1 (5.0)
ケース数 (%)			
UOP 以降	17 (85.0)	19 (100)	19 (95.0)
VAL 以降	11 (55.0)	10 (52.6)	12 (60.0)

嚥下反射開始を舌骨の上前方移動開始時と定義し, ビデオ画像上で舌骨が上前方に急速に移動を開始した時点の一つ前のフレームから食塊先端の位置を判定した。  
OCA: Oral cavity area (口腔内)  
UOP: Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)  
VAL: Vallecule area (喉頭蓋領域)  
HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)  
LQm: 液体咀嚼嚥下, CB: コンビーフ咀嚼嚥下, CK: クッキー咀嚼嚥下, MIX: 混合咀嚼嚥下

深達度の有意差はなかった (表4)。

(3) 座位とよつばい位との比較 (表5, 図5)

姿勢の違いによる食塊先端の深達度の差を各食物において比較検討した。

コンビーフでは食塊先端位置がUOP以降に達したものは, 座位90%, よつばい位100%であった (p=0.125)。

VAL以降に達したものは, 座位55%, よつばい位52.6%であった (p=0.568)。HYPにまで達した例は, 座位, よつばい位ともに認めなかった。すなわち, コンビーフでは, 体位を変化させても食塊先端位置の分布はほとんど変わらなかった。

液体では食塊先端位置がUOP以降に達したものは,

表4 よつばい位での食塊先端の深達度の検討 (Fisher's exact test)

食塊先端位置	LQm-CB	LQm-MIX	CB-MIX
UOP 以降	0.125	0.303	0.513
VAL 以降	0.568	0.500	0.444
HYP	0.256	0.500	0.513

被験物の違いによる嚥下反射開始直前の食塊先端位置の差を検定した。  
 表中にはFisher's exact testによる p 値を記した。  
 UOP: Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)  
 VAL: Vallecule area (喉頭蓋領域)  
 HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)  
 LQm: 液体咀嚼嚥下, CB: コンビーフ咀嚼嚥下, CK: クッキー咀嚼嚥下  
 MIX: 混合咀嚼嚥下

表5 座位とよつばい位での食塊先端の深達度の検討 (Fisher's exact test)

座位 vs よつばい位	LQm	CB	MIX
UOP 以降	0.041	0.125	0.024
VAL 以降	0.376	0.568	0.003**
HYP	0.204		<0.001**

体位の違いによる嚥下反射開始直前の食塊先端位置の差を検定した。  
 表中にはFisher's exact testによる p 値を記した。( \*\*: p<0.01)  
 UOP: Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)  
 VAL: Vallecule area (喉頭蓋領域)  
 HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)  
 LQm: 液体咀嚼嚥下, CB: コンビーフ咀嚼嚥下, CK: クッキー咀嚼嚥下  
 MIX: 混合咀嚼嚥下

座位90%, よつばい位85%であった (p=0.041)。VAL 以降に達したものは、座位65%, よつばい位55%であった (p=0.376)。HYPまで達したものは、座位35%, よつばい位10%であった (p=0.204)。有意な差は認めなかったものの液体ではよつばい位においてHYPまで達する頻度が減少傾向にあった。

混合では食塊先端位置がUOP以降に達したものは、座位100%, よつばい位95%であった (p=0.024)。VAL以降に達したものは、座位100%, よつばい位60%であった (p=0.003)。HYPまで達したものは、座位では70.6%あったが、よつばい位では5%のみであった (p<0.001)。すなわち、混合では、座位に比べ、よつばい位でVAL以降、HYPに達する率が減少した。

(4) 各嚥下位相時間の比較 (表6, 図6, 7)

舌骨挙上開始を基点(ゼロ)として各条件の嚥下位相の平均時間を表6, 図6に示した。

以下に主な所見を列挙する。

咀嚼運動が停止してから舌骨挙上開始までの時間は、液体、コンビーフ、クッキーでは0.03から0.13秒で有意差を認めなかったが、混合では舌骨挙上開始が咀嚼停止より0.06秒早く生じていた。命令嚥下に比べ咀嚼4条件下では、口腔から中咽頭までの各嚥下位相時間 (Stage I + Process, PFAT, VAT) が延長した (p<0.01)。液体および混合物の咀嚼負荷条件では他の条件に比べてHTTが有意に延長した (p<0.01)。

咀嚼時間と各位相時間を図7に示す。咀嚼時間 (図4A) はクッキーが最も長く17.9秒で、コンビーフ11.2秒、混合8.0秒、液体7.8秒であり、食物の物性、つま

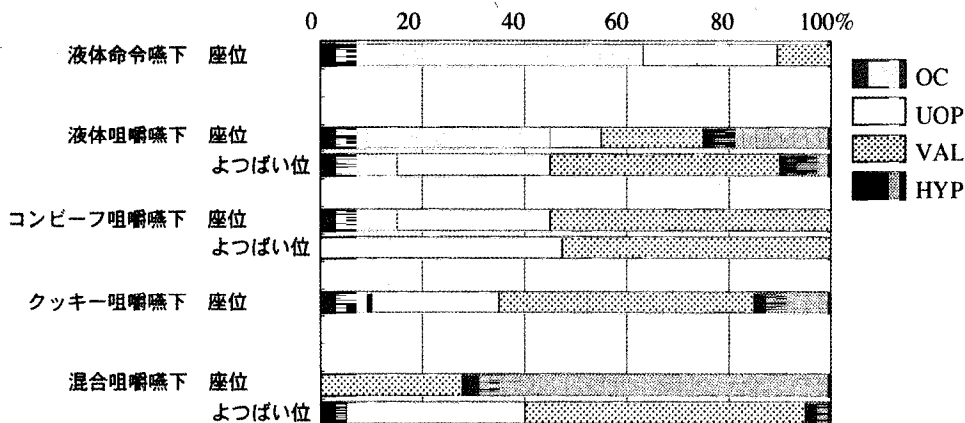


図5 座位とよつばい位での嚥下反射開始時の食塊先端位置の比較  
 よつばい位でもすべての被験物でVALへの食塊進行が高率に認められた。  
 液体咀嚼, 混合咀嚼ではよつばい位でHYPへの食塊到達率が減少した。  
 OCA: Oral cavity area (口腔内)  
 UOP: Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)  
 VAL: Vallecule area (喉頭蓋領域)  
 HYP: Hypopharyngeal area (下咽頭領域)

表6 嚥下位相時間 (座位)

	LQc	LQm	CB	CK	MIX
Mean (SD)					
Stage I + Process	3.35 (3.01)	4.86 (2.76)	7.53 (3.65)	13.78 (7.40)	4.59 (3.80)
PFAT	0.33 (0.24)	1.72 (2.34)	3.34 (3.49)	2.62 (2.65)	1.37 (1.69)
VAT	0.15 (0.35)	1.17 (1.81)	0.63 (0.70)	1.62 (1.67)	1.01 (0.30)
HTT	0.47 (0.11)	0.83 (0.79)	0.48 (0.10)	0.62 (0.46)	1.58 (1.57)
咀嚼時間	-	7.79 (3.86)	11.19 (4.52)	17.91 (7.19)	7.97 (4.82)
咀嚼停止から舌骨挙上 開始までの時間	-	0.13 (0.25)	0.03 (0.25)	0.06 (0.20)	-0.06 (0.18)

各条件下の嚥下位相時間の平均値とSDを示した。

Stage I + Process : (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)

LQc : 液体命令嚥下, LQm : 液体咀嚼嚥下, CB : コンビーフ咀嚼嚥下

CK : クッキー咀嚼嚥下, MIX : 混合咀嚼嚥下

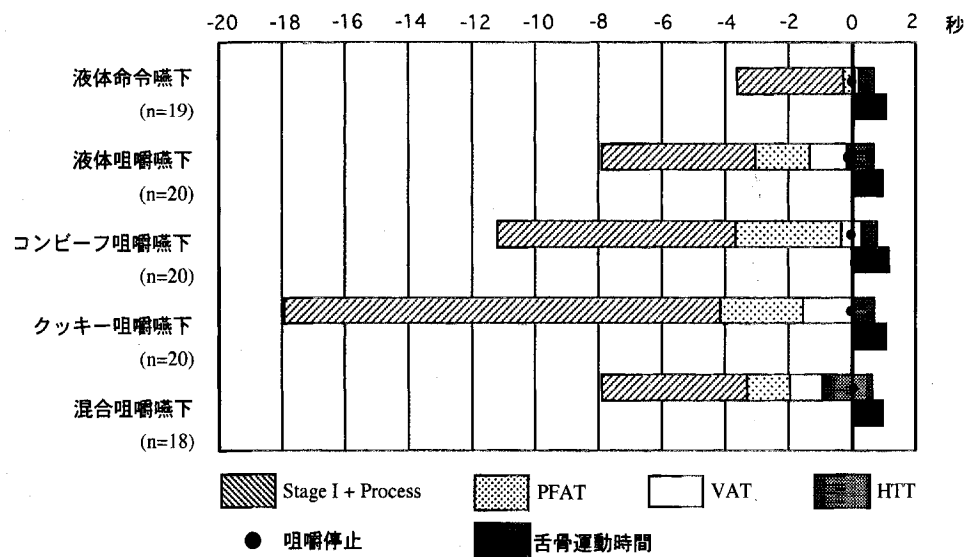


図6 嚥下位相時間 (座位)

嚥下反射開始時点 (= 舌骨挙上開始時点) をゼロとして各条件の嚥下位相の平均値を示した。

咀嚼停止時点をグラフ中の黒丸で示した。

Stage I + Process : (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)

り, 固さに関連していた。

食塊の中咽頭通過時間 (PFAT+VAT) (図7B) は, クッキーで最も長く, コンビーフ, 液体咀嚼, 混合と続き, ほぼ咀嚼時間と同様の傾向を示し, 咀嚼時間と中咽頭通過時間 (PFAT+VAT) との間には有意な相

関を認めた ( $r=0.439$ )。HTT (図7C) は, 混合1.58秒, 液体咀嚼0.83秒, クッキー0.62秒, コンビーフ0.48秒で, 咀嚼時間との関連は認めず, 液体咀嚼および混合でのみ液体命令に比して長かった。



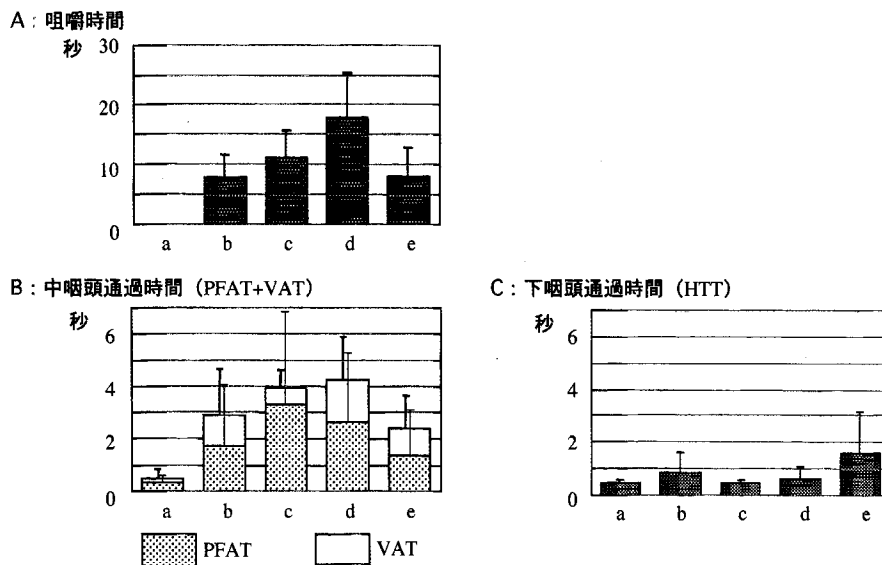


図7 咀嚼時間と嚥下位相時間 (座位)  
 A: 咀嚼時間, B: 中咽頭通過時間 (PFAT+VAT), C: 下咽頭通過時間 (HTT)  
 a: 液体命令, b: 液体咀嚼, c: コンビーフ, d: クッキー, e: 混合

#### 第 4 節 考 察

##### Stage II transport の出現率

Palmerらの研究では明示されなかったStage II transportの出現率を検討した。嚥下反射開始前に食塊が喉頭蓋谷領域以降 (VAL以降) に達しているものをStage II transportありと判断して、その出現率を調べた。嚥下反射開始前にVAL以降に食塊が達する率は、混合で100%、クッキーで65.0%、コンビーフで55.0%、液体咀嚼で45.0%と、咀嚼条件下では高率であった。一方、液体命令嚥下では喉頭蓋谷以遠に達したのは10.5%と低率であった。従って、Stage II transportは命令嚥下ではなく、咀嚼嚥下時に認められる所見であり、咀嚼運動に伴って生じる能動移送であるというPalmerらの考察を支持する結果となった。しかし咀嚼条件下でもStage II transportの出現率にはばらつきがあり、特に混合咀嚼以外の均一な食物ではStage II transportが100%に生じるわけではなかった。このことはStage II transportがヒトの咀嚼嚥下時に常に生じる事象ではないことを示し、咀嚼嚥下様式の多様性を意味する。嚥下反射開始前に食塊が喉頭蓋谷を越えて下咽頭に存在するという現象は、誤嚥防止という観点からみた場合に重要な意味を持つ。健康者では喉頭周囲の感覚を含む気道防御機構が正常に働き、誤嚥を防ぐことができるが、喉頭閉鎖不全や嚥下反射惹起遅延のある嚥下障害患者においては食塊の嚥下前咽頭進行は大変危険な事象である。臨床的には、嚥下障害患者においてStage II transportをおこさない咀

嚼様式の考案が誤嚥防止につながる可能性があり、この多様性に注目することは嚥下障害の治療への適用という観点からみて重要である。

##### 食塊の咽頭深達度のちがい

次に食塊の嚥下前咽頭進行を深達度の違いから考察する。食塊が嚥下前にHYPに達した率は、混合で72.2%、クッキーで0%、コンビーフで15%、液体咀嚼で25.0%、液体命令で0%であった。このように液体を含む食塊の咀嚼時には嚥下前に食塊が下咽頭に達する事象が高率に認められた。この食塊の下咽頭への進行は、Palmerらの実験では被験物として固形物や半固形物を用いていたために見のがされていた所見である。クッキーやコンビーフなど粘稠度の高い食塊は嚥下前に喉頭蓋谷領域で食塊としてまとめられるが、混合や液体咀嚼では咀嚼による送り込みによって液体成分が喉頭蓋谷からあふれて下咽頭に達したのだと考えた。この結果から、食塊の下咽頭進行には食物の物性が一部関与している可能性が考えられた。

##### Stage II transport に対する重力の影響

座位では咽頭部が地面に対して垂直となり、食塊の進行方向と重力の方向が一致するため、食塊の咽頭進行にも重力が何らかの影響を与えられられる。Palmerらはこの咽頭にかかる重力を除く目的でよつばい位の実験<sup>16</sup>を行った。そして食塊の嚥下前咽頭進行がよつばい位でも座位と同様に生じることを示し、Stage II transportが重力による受動的過程ではなく、舌による能動輸送であると結論した。著者はPalmerらの研

究<sup>16</sup>に液体を含む食物を被験物として加え、液体を含む食物の咀嚼嚥下時に観察された「下咽頭への食塊進行」に対する重力の影響を中心に検討した<sup>17</sup>。よつばい位で咀嚼により嚥下反射開始前にVAL以降に食塊が達する率は、混合で60%、コンビーフで52.6%、液体咀嚼で55.0%であり、座位の結果と同様に高率であった。ただし、嚥下反射開始時に食塊先端が下咽頭にまで達する率は、混合で5.0%、コンビーフで0%、液体咀嚼で10.0%と低率となった。つまり、よつばい位では口腔での食塊移送の向きが抗重力位となるが、食塊は重力に逆らって口腔から喉頭蓋谷領域まで運ばれた。そして重力の影響が除かれた咽頭部では喉頭蓋より先へ食塊は移送されなかった。従って、Stage II transportの生じる要因として、喉頭蓋谷領域までの食塊進行は咀嚼時の舌による能動的な送り込みが主となって生じるが、下咽頭への食塊進行は、重力による流れ込みが関与していると結論した。コンビーフでは嚥下前の食塊のVAL以降への到達率は座位で55%、よつばい位で60%、HYPへの到達率は座位、よつばい位ともに0%と変化がなかったのは、コンビーフは粘稠度が高いため重力の影響が少なかったと考えた。一方で混合および液体咀嚼では食塊のVAL以降への到達率は座位に比べ、よつばい位で低下しており、重力の影響が明らかだった。すなわち、Stage II transportの出現には舌による能動的移送が主因を占めるが、下咽頭への食塊進行には食物物性と重力による受動的過程が関与することが示唆された。

#### 咀嚼嚥下における嚥下位相時間の特徴

各被験物毎の嚥下位相時間の特徴を考察する。嚥下位相は咀嚼開始してから1回目の嚥下終了までを計測した。

咀嚼時間と咽頭通過時間 (PFAT+VAT) には相関を認めた ( $r=0.439$ )。特にクッキーやコンビーフで咀嚼時間が長くなった。クッキーやコンビーフなどの固形物は嚥下可能な状態まで咀嚼するのに時間を要するので咀嚼時間が長くなり、食塊の粘稠度が高いため喉頭蓋谷へ移送され食塊としてまとめられるまでに同様に時間がかかることが考えられた。混合では咀嚼が始まると、固形成分がまだ口腔内にあるうちに液体成分が先に咽頭に進行し、一部は下咽頭にまで達するため嚥下が誘発され、クッキーやコンビーフなどの固形物単体に比べて咀嚼時間、咽頭通過時間ともに短くなったと考えた。従来の4期モデルでは嚥下の口腔準備期(咀嚼あるいは食塊を口腔に保持する時期)と口腔期(嚥下のために食塊を咽頭に送り込む時期)は連続する過程であるが明確に区分されていた。しかしProcess

modelでは口腔準備期と口腔期は並行して進み、区別できないことを特徴とする。咀嚼時間と咽頭通過時間 (PFAT+VAT) の相関はこの特徴を反映したものであろう。我々の自然な嚥下の際には、口腔や喉・咽頭の感覚入力が嚥下反射開始を調節する可能性が言われている。咀嚼時間の差もこの感覚フィードバックが影響をあたえていると考えられた。

Palmerらの研究<sup>10-12</sup>で、食塊の性状による差が少なく狭義の嚥下反射時間と定義されたHTTが、我々の結果では液体咀嚼および混合で他の被験物に比べ延長していた。これは重要な所見であり、液体を含む食塊の咀嚼嚥下では、下咽頭に食塊が存在してもすぐには嚥下反射がおこらず、食塊をある程度溜めた後に嚥下反射が生じることを示している。これは嚥下反射惹起の閾値を考える上で注目すべき結果であった。

さらに、咀嚼嚥下では、咀嚼停止-舌骨運動開始時間は「咀嚼運動から嚥下運動へと運動が切り替わる過程」を反映するといわれている<sup>20,21</sup>。通常は咀嚼-嚥下連関は安定した構造を有し、咀嚼が停止してから嚥下反射が開始される。しかし、混合物の嚥下でのみ、それが逆転し舌骨挙上開始が咀嚼停止より0.06秒早かった。つまりこれは、口腔内に固形物を主とする食塊があり咀嚼が続いている間に下咽頭へ液体を主とする食塊が大量に流入した場合に、誤嚥を防ぐための緊急的、防御的な嚥下反射惹起のために局所的な反射機構が発現したものと考えられた。このように普段我々が行っている摂食・嚥下では、咀嚼・嚥下はきわめて随意的な運動と不随意的な運動が一連のものとしてとぎれることなく生じ、容易に切り替わるところに特徴がある。この運動の切り替えを司る神経機構がどうなっているのが嚥下障害の要因の解明においても興味深い問題である。

#### 本章のまとめ

咀嚼を要する嚥下は命令嚥下とは著しく異なる動態を呈するため、固形物の咀嚼嚥下モデルとしてProcess modelが提唱された。このモデルの特徴はStage II transportとよばれる食塊の嚥下前咽頭進行である。Stage II transportを生じる要因は主に咀嚼時の舌による能動輸送であるが、液体を含む食塊では嚥下前に食塊が下咽頭に達する事象が認められ、この食塊の下咽頭への進行に関しては、食物物性および重力の影響による受動的要素が関与することが確かめられた。咀嚼時間と食塊の咽頭通過時間には相関が認められ、この結果もStage II transportが咀嚼によって生じることを支持するものと考えられた。

## 第 2 章 研究 2：摂食・嚥下障害者例への Process modelの適応

### 第 1 節 序 論

Process modelによって、咀嚼を要する嚥下の際には嚥下反射開始前に食塊が咽頭に進行することが普通のこととして示された。研究 1 において液体を含む食塊では、さらに食塊が下咽頭にまで達することが分かった。この所見は誤嚥防止という観点からみた場合、非常に重要な意味を持つ。咀嚼に伴って舌が能動的に食塊を咽頭に送り込む Stage II transport の時期には気道と食物経路が同時に開存する。健常者の場合は喉頭周囲の感覚を含む気道の防御機構により誤嚥が生じることはまれであるが、感覚の障害や喉頭閉鎖不全などさまざまな要因のある嚥下障害者にとっては誤嚥のリスクを高める可能性がある。そこで、著者は研究 1 と同様に嚥下障害者でも、液体および混合物の咀嚼嚥下を行い、Stage II transport の出現率と誤嚥頻度を調べ、嚥下障害の重症度との関係を検討した。また嚥下障害者のなかには、4 期モデルに基づいて定型化された VF の評価では誤嚥が認められなくても、食事場面ではむせを認めるなど、日常生活において誤嚥の存在が示唆される例が少なからず存在する。そこで著者は、VF での咀嚼嚥下の評価の重要性を考え、咀嚼負荷嚥下法として適する評価方法についても検討した。

### 第 2 節 研究方法

#### (1) 対 象

嚥下障害の診断で藤田保健衛生大学病院にて平成 12

年 12 月から平成 13 年 7 月の間に嚥下造影検査 (Videofluorography: VF) を受けた患者 55 名、男性 43 名、女性 12 名を対象とした。年齢は平均 63.1 歳で発症からの期間は中央値で 118 日であった。原疾患は脳卒中右片麻痺 9 名、脳卒中左片麻痺 10 名、脳卒中麻痺なし 7 名、神経変性・脱髄・炎症性疾患 6 名、筋疾患 3 名、脳腫瘍 2 名、頭部外傷 3 名、心不全・心筋梗塞 4 名、肺炎 3 名、その他 8 名であった。

#### (2) 方 法

通常、同施設で行っている摂食・嚥下障害の診断のための VF に咀嚼を伴う嚥下 (「咀嚼嚥下」) の評価を追加して行い、録画したビデオテープから下記の条件の嚥下を解析し、嚥下反射開始時の食塊先端位置と誤嚥の有無を判定した。嚥下条件として (1) 50% w/v バリウム水溶液 4 ml の命令嚥下 (LQc-4)、(2) 50% w/v バリウム水溶液 10 ml の命令嚥下 (LQc-10)、(3) 50% w/v バリウム水溶液 10 ml の咀嚼嚥下 (LQm-10)、(4) バリウム含有コンビーフ 8 g の咀嚼嚥下 (CB)、(5) 水溶液 5 ml とコンビーフ 4 mg の混合物 (MIX) の咀嚼嚥下を選択した。命令嚥下の際には患者に被験物を口腔内に保持させ、「飲んでください」の合図で飲み込むように指示した。咀嚼嚥下では、患者に被験物を「良く味わうように噛んで食べてください」とのみ指示し、嚥下のタイミングは随意とした。嚥下反射開始および食塊先端の位置の定義は研究 1 と同一とした。嚥下障害の重症度は 1999 年に才藤が提唱した臨床的摂食・嚥下障害重症度分類を用いた。<sup>23</sup>

統計学的手法として、各条件間の比較に One-factor

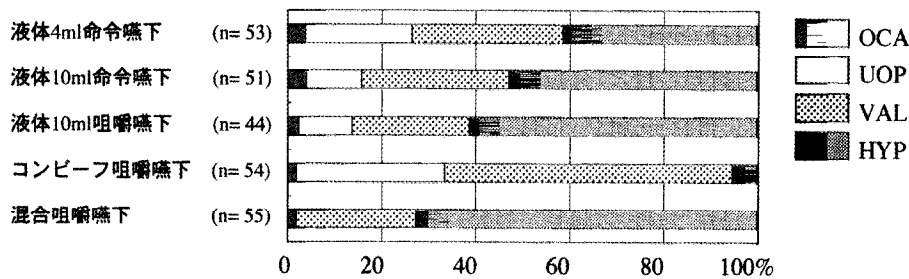
表 7 摂食・嚥下障害者での嚥下反射開始時の食塊先端の位置と誤嚥頻度

	LQc-4	LQc-10	LQm-10	CB	MIX
総数	53	51	44	54	55
ケース数 (%)					
OCA	2 (3.8)	2 (3.9)	1 (2.3)	1 (1.9)	1 (1.8)
UOP	12 (22.6)	6 (11.8)	5 (11.4)	17 (31.5)	0 (0.0)
VAL	17 (32.1)	16 (31.4)	11 (25.0)	33 (61.1)	14 (25.5)
HYP	22 (41.5)	27 (52.9)	27 (61.4)	3 (5.6)	40 (72.2)
ケース数 (%)					
喉頭侵入	9 (17.0)	15 (29.4)	8 (18.2)	5 (9.3)	12 (21.8)
誤嚥	3 (5.7)	9 (17.6)	6 (13.6)	0 (0.0)	12 (21.8)

嚥下反射開始を舌骨の上前方移動開始時と定義し、ビデオ画像上で舌骨が上前方に急速に移動を開始した時点の一つ前のフレームから食塊先端の位置を判定した。

LQc-4: 50% w/v バリウム水溶液 4 ml の命令嚥下  
 LQc-10: 50% w/v バリウム水溶液 10 ml の命令嚥下  
 LQm-10: 50% w/v バリウム水溶液 10 ml の咀嚼嚥下  
 CB: バリウム含有コンビーフ 8 g の咀嚼嚥下  
 MIX: 水溶液 5 ml とコンビーフ 4 mg の混合物

A. 嚥下反射開始時の食塊先端の位置



B. 誤嚥率

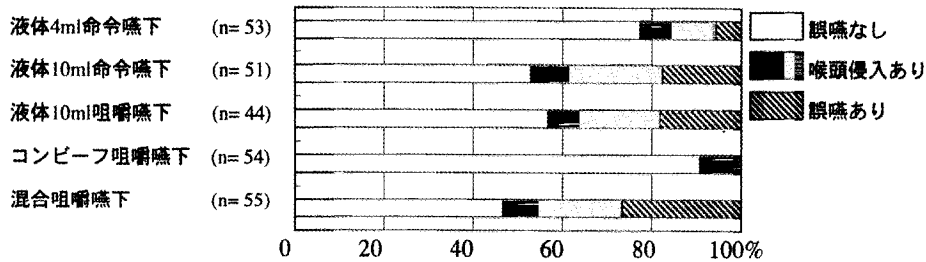


図8 摂食・嚥下障害患者における嚥下反射開始時の食塊先端の位置と誤嚥率  
OCA : Oral cavity area (口腔内)  
UOP : Upper oropharyngeal area (口腔咽頭上部領域)  
VAL : Valleculae area (喉頭蓋領域)  
HYP : Hypopharyngeal area (下咽頭領域)

ANOVAを用いた。有意水準を1%以下とした。統計ソフトはStatView 4.5 (Abacus Concepts Inc.)を用いた。

第3節 結果

(1) 摂食・嚥下障害患者での嚥下反射開始時の食塊先端の位置と誤嚥率の検討 (表7, 図8)

患者群においてLQc-10, LQm-10, MIXの咀嚼嚥下での嚥下反射開始時の下咽頭到達率はそれぞれ52.9%, 61.4%, 72.2%に達し、健常人の同じ条件での下咽頭到達率34%, 33.3%, 63.0%より高率であった ( $p < 0.01$ )。また、LQc-4でも41.5%と高率に食塊先端が下咽頭に達していた。

つまり、嚥下障害群では量を負荷することにより命令嚥下でも食塊の下咽頭到達率は増大し、さらに咀嚼を加えることにより、液体や液体を含む混合物で下咽頭到達率が有意に増大した。

図8に嚥下反射開始時の食塊先端の位置と誤嚥率の関係をグラフに示した。食塊先端の位置は量負荷、咀嚼負荷に伴い下咽頭に達する率が高くなったが、誤嚥率は食塊先端の位置と比例はせず、混合物で他の条件に比べてわずかに誤嚥率が高いのみであった。統計学的にはLQc-4と他の条件の間に有意差を認めた ( $p < 0.01$ )。

(2) 嚥下障害の臨床的重症度による食塊先端位置と誤嚥率の検討 (図9, 10)

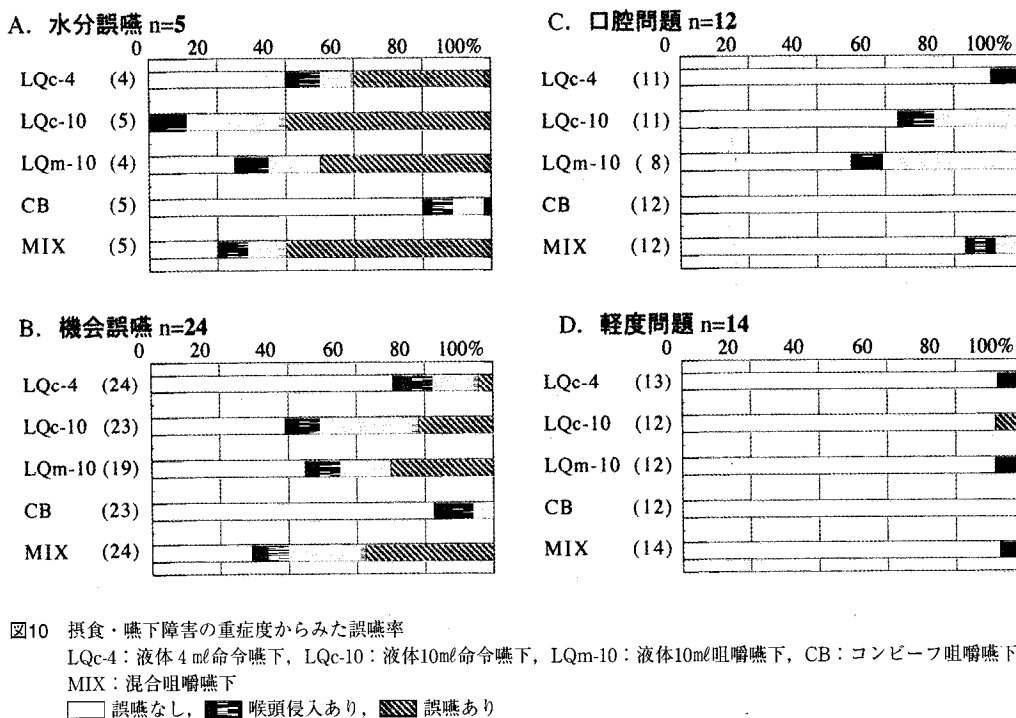
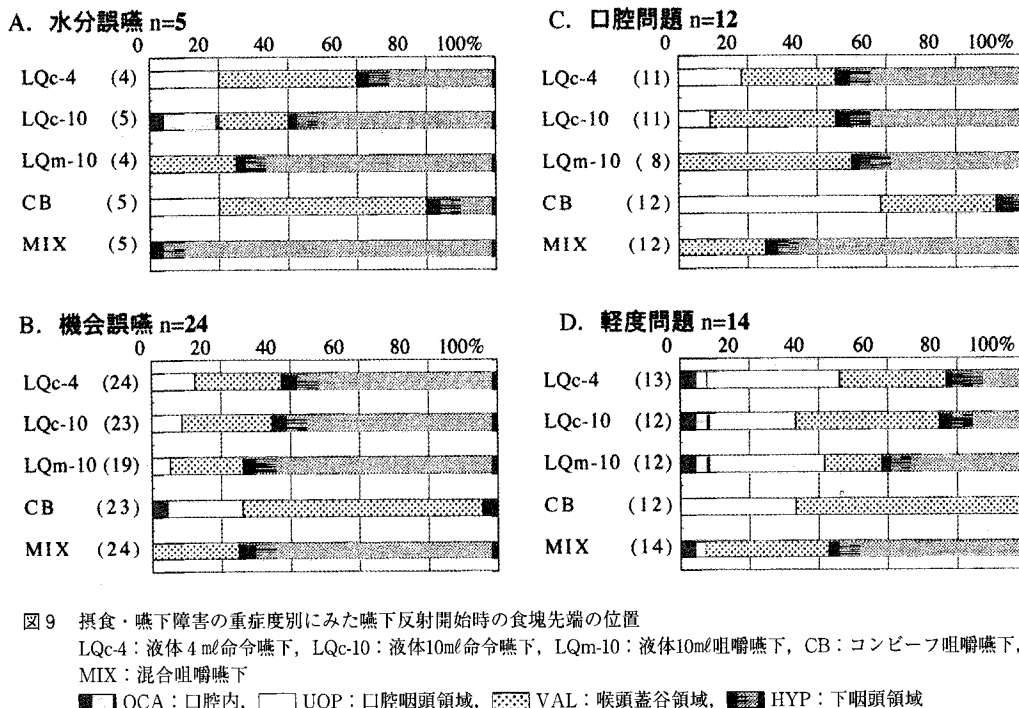
嚥下障害の重症度によって深達度に違いがあるかを検討した。各重症度に属する患者数は唾液誤嚥0名、食物誤嚥0名、水分誤嚥5名、機会誤嚥24名、口腔問題12名、軽度問題14名、正常範囲0名であった。

水分誤嚥群、機会誤嚥群、口腔問題群ではCB以外の条件で食塊の下咽頭への到達率が高く、特に水分誤嚥群ではMIXは全例において食塊先端が下咽頭まで達していた。

口腔問題よりも機会誤嚥の方が、食塊先端の下咽頭への到達率が高かった。

軽度問題群は他群と比べて下咽頭への食塊到達率は低いですが、命令嚥下よりも咀嚼嚥下で食塊深達度が深くなった。

誤嚥率は水分誤嚥、機会誤嚥群の順で高く、機会誤嚥群では命令嚥下では液体4mlよりも10mlで誤嚥が増加し、同じ液体10mlの嚥下でも命令嚥下より咀嚼嚥下で誤嚥率が増加した。一方、水分誤嚥群では液体10mlの咀嚼嚥下よりも、液体10mlの命令嚥下で誤嚥及び喉頭流入の割合が高かった。口腔問題、軽度問題群では喉頭流入は認められたが、誤嚥は軽度問題のLQc-10において1例のみであった。



#### 第 4 節 考 察

摂食・嚥下障害の要因としては嚥下の口腔期から咽頭期における食塊移送と咽頭反射惹起のタイミングのずれ、喉頭挙上の障害、声門閉鎖の障害、食道入口部の開大不全や咽頭収縮力低下に伴う食塊の咽頭残留、<sup>24-34</sup> 喉頭や咽頭の感覚低下など様々な要因が考えられる。

誤嚥の原因を考える上で嚥下反射開始時に食塊がどこに存在するかは重要である。本研究では嚥下障害者における嚥下反射開始時の食塊先端位置を中心に検討した。著者の用いた臨床的摂食・嚥下障害重症度分類は7段階に分類され、重症度の重い順に1) 唾液誤嚥, 2) 食物誤嚥, 3) 水分誤嚥, 4) 機会誤嚥, 5) 口腔問

題, 6) 軽度問題, 7) 正常範囲, である。<sup>23</sup>その定義を表8に示した。今回の研究では唾液誤嚥, 食物誤嚥, 正常範囲の症例が含まれていないが, 本研究は臨床診断の目的でVFを行った症例を対象としており, 唾液誤嚥, 食物誤嚥の症例は誤嚥の危険性が高く, 通常のVF検査の適応とならなかったためである。もちろん正常範囲群もVFの必要性がなく, 検査を施行していない。水分誤嚥が他の群とくらべて症例数が少ないのは, ある程度調整食の摂取が可能で, 誤嚥の可能性がベッドサイドの評価でも診断しやすいこと, 機会誤嚥例が多いのは誤嚥の生じる要因やタイミングを正確に診断し, 有効手段をVFにて決定する必要があるため症例数が多くなったと考えられた。

嚥下障害患者における嚥下反射開始時の食塊先端位置を解析した結果, 検査上では誤嚥を認めない口腔問題群, 軽度問題群においても食塊先端位置は健常人よりも深く, 嚥下障害の重症度が重いほどその到達度が深くなるという結果を得た。また, 誤嚥率の検討では, 機会誤嚥群では液体10mlの嚥下において命令嚥下より咀嚼嚥下で, またMIXが液体単独の咀嚼嚥下よりも誤嚥率が高い結果が得られた。これは機会誤嚥群では咀嚼により誤嚥リスクが高くなったことを示している。

我々の日常の食事では咀嚼を伴い, また, 汁物や水気の多い果物など混合に類する形態の食物を取ることも多く, 喉頭閉鎖機能の障害がある場合, 咀嚼嚥下の

際に生じる中・下咽頭への食塊の輸送によって誤嚥が発生することが考えられる。機会誤嚥に該当する症例では, 液体またはペーストの命令嚥下で評価する通常のVFでは誤嚥が検出されないが, 実際の食事場面でのむせや食後の喀痰の増加などの誤嚥徴候を認める例を臨床上で数多く経験する。今回, 機会誤嚥群で咀嚼嚥下時に誤嚥の検出率が高い結果が得られたことから, 誤嚥を検出するための負荷法として咀嚼を負荷することが有用であると考えた。また, 咀嚼負荷を検査法として使用する際の信頼性を確保するには, 研究1の結果で健常人でもStage II transportの出現が100%に認められたことから, 混合咀嚼嚥下が適していると考えた。

機会誤嚥群では誤嚥率はMIX, LQm-10, LQc-10, LQc-4の順に高かったが, 水分誤嚥群ではLQm-10よりも, LQc-10で誤嚥及び喉頭侵入の割合が高いという逆転した結果となった。これは嚥下障害の重症である程, 1回の嚥下における量負荷に弱いとも考えられるが, 咀嚼嚥下時に口に含んだ液体を数回に分けて嚥下する分割嚥下が生じ, 結果として少量ずつの嚥下することによって喉頭侵入あるいは誤嚥が生じる率が低くなったとも考えられる。咀嚼に伴うStage II transportは多様性があり個人差の大きい現象である。咀嚼嚥下を誤嚥を検出するための負荷嚥下法として確立するには, 今後さらに食塊の送り込みの状況を詳細に検討す

表8 臨床的摂食・嚥下障害重症度分類

		食事	経管栄養	直接的訓練 (摂食訓練)*	在宅管理	備考
誤嚥無し	7 正常範囲	常食	不要	必要なし	問題なし	食事動作や歯牙の問題など 経過観察で良いレベル 先行期, 準備期, 口腔期の 問題
	6 軽度問題	軟飯, 軟菜食など 嚥嚥, 自助具の使用	不要	ときに適応	問題なし	
	5 口腔問題	軟飯, 軟菜食, ペースト食など 食事時間の延長 食事に指示, 促しが必要 食べこぼし, 口腔内残留が多い	不要	適応 一般施設や 在宅で可能	可能	
誤嚥有り	4 機会誤嚥	嚥下障害食から常食 誤嚥防止方法が有効 水の誤嚥も防止可能 咽頭残留が多い場合も含む	ときに間歇的 経管栄養法の 併用	適応 一般施設や在宅で 可能	可能	医学的に安定**
	3 水分誤嚥	嚥下障害食 水を誤嚥し誤嚥防止法が無効 水分に増粘剤必要	ときに間歇的 経管栄養法・ 胃瘻の併用	適応 一般病院で可能	可能	医学的に安定
	2 食物誤嚥	経管栄養法	長期管理に胃瘻 検討	適応 専門病院で可能	可能	医学的に安定 難治の場合, 機能再建述の 検討
	1 唾液誤嚥	経管栄養法	長期管理に胃瘻 検討	困難	困難	唾液を誤嚥 医学的に不安定*** 難治の場合, 気管食道分離術の 検討

\* 間接的訓練 (基本訓練) は6以下のどのレベルにも適応あり  
\*\* 適当な摂食管理で, 低栄養・脱水・肺炎などを防止可能  
\*\*\* 経管管理をしても医学的安定性を保つことができない

る必要がある。

## 本章のまとめ

嚥下障害者に対して咀嚼によって生じる食塊の嚥下前咽頭進行が誤嚥などの重大な影響を引き起こすことがわかった。このことは、これまでの4期モデルを主概念としたVFの施行方法に大きな問題があることを示し、臨床に置いてProcess modelの概念を取り入れた評価を行わなければならないことを明らかにした。本研究で用いた混合物すなわちバリウム含有コンビーフ4gと液体バリウム5mlの組み合わせは嚥下障害者に対して応用が可能であり、咀嚼を伴う嚥下を評価するための「咀嚼負荷嚥下法」の標準課題として設定できるものとする。今後この「咀嚼負荷嚥下法」を臨床に適用し、実際の摂食に即した評価を行うことが重要と考える。

## 第3章 研究3：咽頭へ液体を直接注入した時の嚥下反射惹起について。意志による抑制と咀嚼の有無による影響の検討

### 第1節 序 論

咀嚼条件下では嚥下反射開始前に食塊が下咽頭に達しても、すぐに嚥下反射が惹起されるわけではなく、ある程度食塊が下咽頭に溜められた後に嚥下反射が開始された。これは4期モデルで従来からいわれてきた「咽頭に食塊が進行すれば即座に嚥下反射が生じる」という考えとは異なる所見である。この現象が生じる原因として、咀嚼によって嚥下反射開始が抑制されるという可能性を考えた。

1996年にPouderouxらはカテーテルを用いて口腔から咽頭に直接液体を注入する実験<sup>35</sup>を行い、嚥下反射惹起を調節する因子を検討した。その結果、液体が喉頭蓋谷を越えると嚥下反射が生じ、液体注入開始から嚥下反射惹起までの時間に、液体の注入速度と喉頭蓋谷の容量および嚥下をできるだけ我慢するという意志による嚥下抑制が影響を与えたと報告した。そこで著者は、この嚥下反射惹起<sup>35</sup>に関わる咀嚼の影響を調べる目的でPouderouxらの研究に咀嚼条件を加えて、咽頭への液体の注入実験を行った。また本研究は喉頭内視鏡を用いて行い、嚥下開始までの喉頭・咽頭の形態変化についても検討を加えた。

### 第2節 研究方法

#### (1) 対 象

対象は神経疾患や咽頭・喉頭疾患の既往が無く、常食を摂取し、摂食・嚥下障害に関する愁訴のない健常

成人9名（男性4名、女性5名）とした。平均年齢28.8歳であった。実験にあたり、被験者には口頭および文書にて実験の主旨と内容を十分に説明し、文書にて同意を得た。この研究は藤田保健衛生大学医学部倫理委員会で審査を受け、承認を得た（平成14年6月19日）。

## (2) 方 法

### 2.1. 嚥下課題の施行方法

被験者の左鼻孔から4Fr elastic tube（アトム多用途チューブ4Fr, アトムメディカル社, 東京）を挿入し、右鼻孔から喉頭ファイバー（ENF type P-4, OLYMPUS, 東京）を挿入した。内視鏡にてelastic tube先端が軟口蓋の高さに位置する事を確認し固定した。液体の注入はシリンジポンプ（テルフュージョンシリンジポンプTE-331S, TERUMO, 東京）を使用して一定の速度で、固定したelastic tubeを経由し直接に咽頭腔内に行った。

体位を45°リクライニングした車いすに左側臥位でもたれ、tubeから注入した液体が咽頭側壁を伝って流れるように調整した。

嚥下反射誘発のための課題として3種の条件に各2課題、合計6課題を設定した。すなわち、液体の注入速度条件（低速、高速）、咀嚼条件（無し、有り）、意志的な抑制「がまん」条件（無し、有り）である。

速度条件の低速は6.5ml/min、高速は11.5ml/minとした。咀嚼条件は市販品の食用ガム（GREEN GUM, LOTTE, 東京）1枚をあらかじめ、味がなくなるまで噛んだものを用い、咀嚼有りの条件ではこれを咀嚼させることとした。「がまん」条件は、「がまん」有りの場合、「できる限り飲み込むことを我慢してください」と口頭で指示をし、意志的に嚥下反射誘発を抑制する努力をさせた。「がまん」無しの場合、「がまんせずに飲みたくなったら飲んでください」と口頭で指示を与え、嚥下反射誘発を抑制する努力をさせなかった。各課題の試行前には、まず空嚥下を行い咽頭の唾液貯留を減じたのち、液体の注入を開始した。各条件につき3試行ずつ行った。被験者には内視鏡画像は見えないようにして実験を行った。

### 2.2. 課題試行の記録方法

咀嚼と嚥下の筋活動を描出するために右咬筋、右舌骨上筋群に表面電極を貼付し咀嚼と嚥下の筋活動を描出した。筋電計はNeuropack（MEB-2200, 日本光電）を使用した。注入開始の指標としてシリンジポンプのスイッチに感圧センサー（PH-462, 株式会社ディケイエイチ）を貼付して荷重スイッチシステム（株式会社

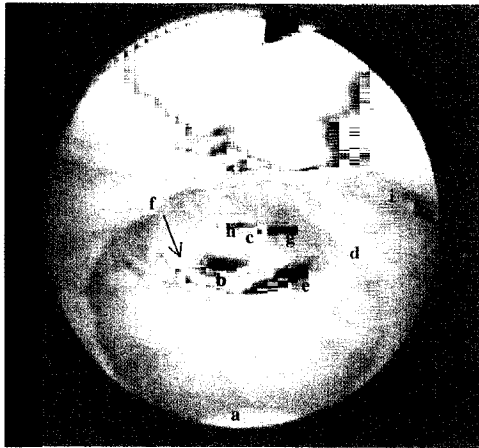


図11 内視鏡視野と咽頭、喉頭内のランドマーク  
a : 口蓋垂, b : 喉頭蓋, c : 披裂, d : 口蓋咽頭筋, e : 咽頭喉頭蓋ひだ, f : 披裂喉頭蓋ひだ, g : 梨状窩, h : 披裂陥凹, i : 左鼻腔から挿入したカテーテル先端

ディケイエイチ)を通して筋電図画面上に指でスイッチを押したときの圧波形を表示した。各条件につき3試行ずつ咽頭への液体注入をおこない、表面筋電図を記録した。内視鏡視野は軟口蓋から梨状窩が観察できる位置とした。図11に咽頭・喉頭の動きや食塊の動きを観察するためのランドマークを示した。30フレーム/秒録画のデジタルビデオ (WV-9000, SONY) を用いてデジタルビデオテープ (miniDV, SONY) に録画した。

### 2.3. 記録の解析方法

舌骨上筋群の表面筋電図の収縮開始を嚥下反射開始と判断し、荷重スイッチシステムの波形とあわせて液体注入開始から嚥下反射惹起までの時間を計測した。

統計処理は多群間の差の検定にFactorial-ANOVAを、分割表分析に $\chi^2$ 検定を用い、有意水準を5%以下とした。統計解析ソフトはSTATISTICA4.1J (StatSoft, Inc.), StatView 4.5 (Abacus Concepts Inc.) を使用した。喉頭内視鏡の画像はパーソナルコンピューター (PowerBook G4, Apple), ビデオ編集ソフトウェア (iMovie, Apple) を用いてスローモーションで再生し、液体注入中の咽頭への流入経路や咽頭での液体の貯留状態、喉頭・咽頭の動きを観察した。

### 第 3 節 結 果

(1) 液体注入開始から嚥下反射惹起までの時間 (注入時間) と液体注入量 (表 9, 10, 図12, 13)

データ記録上の不備のあった3試行を除外し、213試行のデータを解析した。

注入速度条件でみると注入時間は低速が $8.49 \pm 8.75$ 秒, 高速が $6.67 \pm 6.19$ 秒で有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。注入量は低速が $0.91 \pm 0.94$ ml, 高速が $1.26 \pm 1.18$ mlで有意差を認めた ( $p < 0.01$ )。

咀嚼条件でみると注入時間は咀嚼有りで $7.07 \pm 6.66$ 秒, 咀嚼無しで $8.10 \pm 8.49$ 秒, 注入量は咀嚼有りで $1.01 \pm 0.96$ ml, 咀嚼無しで $1.15 \pm 1.19$ mlでいずれも差は認めなかった。

「がまん」条件でみると注入時間は、「がまんあり」で $10.80 \pm 9.58$ 秒, 「がまんなし」で $4.35 \pm 1.93$ 秒。注入量は「がまんあり」で $1.55 \pm 1.35$ ml, 「がまんなし」で $0.61 \pm 0.29$ mlであり、有意差を認めた ( $p < 0.01$ )。がまんありの条件下では「咀嚼あり」のほうが「咀嚼なし」よりも嚥下反射惹起までの時間が短い傾向が認められたが、有意差は認めなかった。

表 9 各条件の注入時間と注入量

嚥下条件	ケース数	注入時間:秒 平均値 (SD)	注入量:ml 平均値 (SD)	
注入速度	6.5ml/min	107	8.49 (8.75)	0.91 (0.94)
	11.5ml/min	106	6.67 (6.19)	1.26 (1.18)
咀嚼	有	107	7.07 (6.66)	1.01 (0.96)
	無	106	8.10 (8.49)	1.15 (1.19)
がまん	有	107	10.80 (9.58)	1.55 (1.35)
	無	106	4.35 (1.93)	0.61 (0.29)



表10 各課題毎の注入時間と注入量

注入速度	咀嚼	がまん	Case数	注入時間：秒 平均 (SD)	注入量：ml 平均 (SD)
6.5ml/min	有	あり	27	10.97 (9.60)	1.19 (1.04)
		なし	27	4.72 (1.83)	0.51 (0.20)
	無	あり	26	13.57 (12.52)	1.47 (1.36)
		なし	27	4.90 (2.52)	0.53 (0.27)
11.5ml/min	有	あり	27	8.53 (7.07)	1.64 (1.36)
		なし	26	3.96 (1.46)	0.76 (0.28)
	無	あり	27	10.23 (8.25)	1.96 (1.58)
		なし	26	3.78 (1.61)	0.72 (0.31)

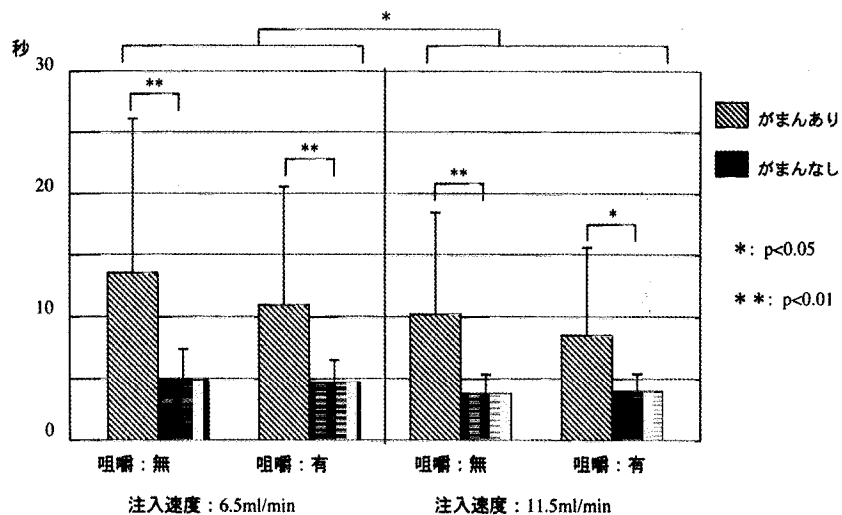


図12 注入時間のグラフ  
咀嚼無/有の条件では注入時間に有意差を認めず、がまんのあり/なしと注入速度において注入時間に有意差を認めた (ANOVA:  $p<0.01$ ,  $p<0.05$ )。

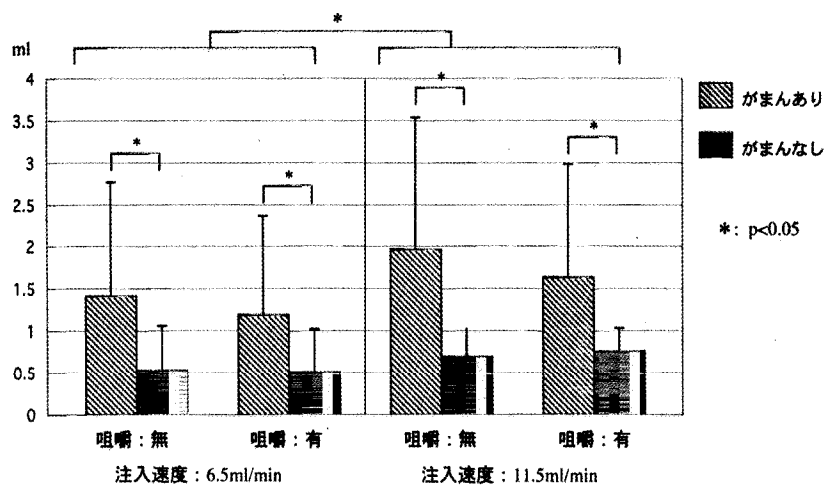


図13 注入量のグラフ  
咀嚼無/有の条件では注入量に有意差を認めず、注入量は注入速度の違いと我慢の有無でそれぞれ有意差を認めた ( $p<0.05$ )。

(2) 内視鏡所見の検討

A. 液体注入中の披裂内転運動 (表11, 図14)

被験者6名, 144試行中, 液体注入から嚥下反射惹起までの間の液体の流れと咽頭・喉頭所見が内視鏡にて観察可能であった130試行について検討した。液体注入から嚥下反射惹起までの披裂部の動きは特徴的な2種類が観察された。すなわち, 呼吸に同期する規則的に繰り返して継続する内外転運動と, それとは明らか

に異なる, 突発的な素早い内転運動であった。この素早い内転運動が観察された時点は, 液体がカテーテルから咽頭に注入された時点, 液体先端が口蓋咽頭筋のレベル, 咽頭喉頭蓋ひだ, 梨状窩底, 披裂喉頭蓋ひだに達した時点で一致していた。それぞれの時点でこの披裂内転が観察された頻度を表11に示す。

液体注入時の披裂内転は82.3%と高率で, 口蓋咽頭筋のレベルでは38.5%, 咽頭喉頭蓋ひだに液体が達し

表11 液体注入中に披裂内転運動が生じた時の液体先端位置と頻度

	披裂内転が生じたときの液体先端位置と頻度				
	注入時	口蓋咽頭筋	咽頭喉頭蓋ひだ	梨状窩底	披裂喉頭蓋ひだ 披裂陥凹
全体 (n=130)	107 (82.3%)	50 (38.5%)	27 (20.8%)	56 (43.1%)	29 (22.3%)
がまんあり (n=66)	52 (78.8%)	26 (39.4%)	12 (18.2%)	28 (42.4%)	18 (27.2%)
がまんなし (n=64)	55 (85.9%)	24 (37.5%)	15 (23.4%)	28 (43.8%)	11 (17.2%)
咀嚼あり (n=61)	52 (85.2%)	26 (42.6%)	11 (18.0%)	26 (42.6%)	13 (21.3%)
咀嚼なし (n=69)	55 (79.7%)	24 (34.8%)	16 (23.2%)	30 (43.5%)	16 (23.2%)
注入速度: 6.5ml/min (n=65)	50 (76.9%)	29 (44.6%)	14 (21.5%)	24 (36.9%)	13 (20.0%)
注入速度: 11.5ml/min (n=65)	57 (87.7%)	21 (32.3%)	13 (20.0%)	32 (49.2%)	16 (24.6%)

液体注入開始時, 液体先端が口蓋咽頭筋, 咽頭喉頭蓋ひだ, 梨状窩底, 披裂喉頭蓋ひだに達した時に素早い披裂の内転運動が観察された。各嚥下条件下の披裂内転の生じた頻度を表に示す。

上段: 例数, 下段: 頻度 (%)



A: がまんなし

B: がまんあり

図14 嚥下反射開始直前の下咽頭所見

A: がまんなし, B: がまんあり

がまんありの条件下では披裂が内転, 前方移動し, 咽頭後壁と披裂陥凹の距離が広がっている。

た時が20.8%，梨状窩底液体が達した時が43.1%，披裂喉頭蓋ひだに液体が達した時が22.3%に披裂の内転を認めた。

$\chi^2$ 検定にて「がまんあり／なし」，「咀嚼：有／無」，「注入速度：6.5ml/min／11.5ml/min」の各条件間で素早い披裂内転の生じる場所および頻度に有意差は認められなかった。

また，「がまんあり」の条件下では液体注入に伴って披裂の強い内転と前傾がおり，披裂間凹と咽頭後壁の間が開き梨状窩が広がる様子が観察された（図

14）。

B. 嚥下反射開始直前の液体先端位置（図15，16）

嚥下反射開始直前の内視鏡画像から嚥下反射開始時の液体先端が喉頭，咽頭内のどの位置にあるかを判定した。ほとんどの例で嚥下反射は液体が梨状窩に達した後に生じていた。「がまんあり」では液体が片側梨状窩を満たすか液体が梨状窩からあふれて披裂喉頭蓋ひだや梨状陥凹から喉頭に侵入しようとする時点で嚥下反射が生じる割合が増加し， $\chi^2$ 検定にて「がまんなし」との間に有意差を認めた（ $p < 0.01$ ）。「咀嚼：有」

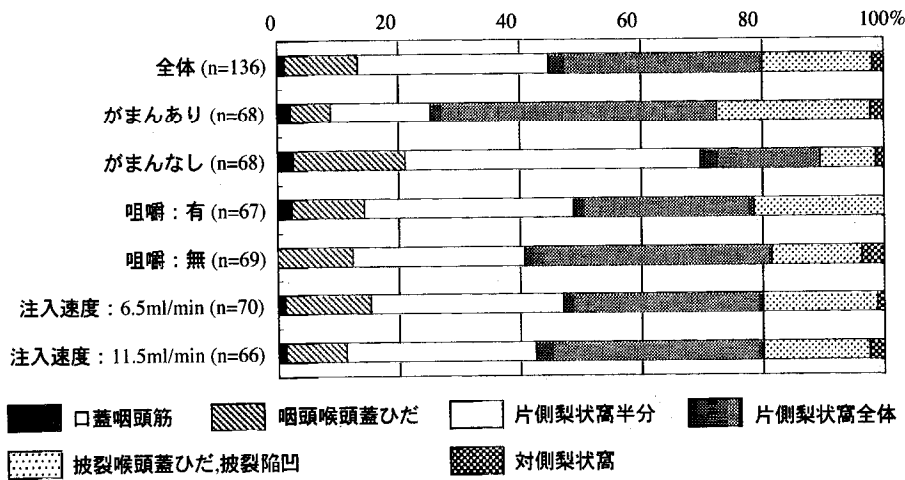


図15 嚥下反射開始時の液体位置  
嚥下反射開始（White out）直前の内視鏡画像から液体先端が喉頭，咽頭内のどの位置にあるかを同定した。がまんあり／なしで違いを認め，がまんなしの条件では咽頭喉頭蓋ひだに液体が達した時点または梨状窩半分を液体が満たした時点で嚥下反射の誘発が高率に認められたが，がまんありの条件では片側梨状窩全体を液体が満たすか，片側梨状窩に貯まった液体が披裂喉頭蓋ひだを越えて喉頭内にあふれようとする時点で嚥下反射が誘発される率が高かった。

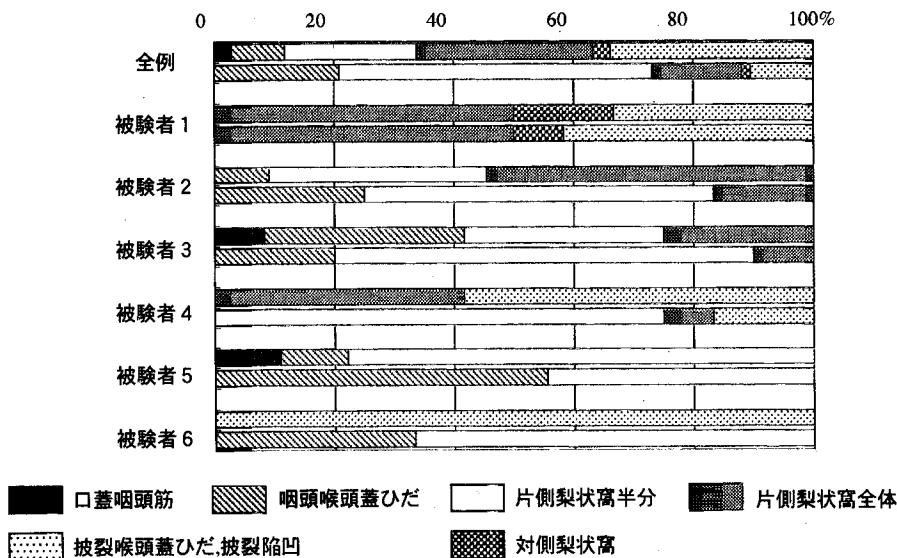


図16 各被験者における嚥下反射開始直前の液体位置  
（上段：がまんあり 下段：がまんなし）  
嚥下反射開始直前の液体位置には個体差を認めた。

では披裂喉頭蓋ひだを越えて液体が喉頭に侵入しようとする時点で嚥下反射が生じる率が「咀嚼：無」より増大し、 $\chi^2$ 検定で有意差を認めた。液体の注入速度による差は認めなかった(図15)。

一方、被験者間で比較すると、嚥下反射開始時の液体先端の到達位置は個体間でばらつきを認め(図16)、同一個体でもがまんの有無により到達位置に違いを認めた。「がまんあり」の条件下ではほとんどの症例で、液体が片側梨状窩を満たし披裂喉頭蓋ひだの部位から喉頭内に液体があふれそうになって嚥下反射が生じている様子が観察された。

#### 第4節 考察

##### 液体注入速度が嚥下反射惹起に与える影響

注入速度が速いほど嚥下反射惹起までの液体注入時間は短く、この時の液体注入量は多いという結果を得た。この結果はPouderouxら<sup>35</sup>のものと同様であり、本研究の妥当性の一側面を表すものと考えた。

ここで、この反応的な嚥下反射惹起の要因について考えてみる。もし、咽頭腔内への液体流入を感知するような動的な感覚入力受容器が咽頭にあり、これが嚥下反射惹起の一義的な要因であると仮定すると、注入速度が速いほど液体の注入量が少ないうちに嚥下反射が惹起されるはずである。しかし、今回の結果でもPouderouxら<sup>35</sup>の結果でも、注入時間と注入量は逆相関的な関係であった。したがって、この動的感覚入力は反射惹起の一義的な要因ではないと考えるのが妥当である。他方、注入量では、嚥下反射惹起時の咽頭への液体注入量は各課題間で異なっていた。特に嚥下をがまんする課題では、がまんしない課題に比べて注入量が著しく増大した。従って咽頭に貯留した液体の容量のみが嚥下反射惹起の主要因とも言うことはできない。

以上より、本研究の条件内において、液体の流入速度や注入量は嚥下反射を惹起する主な要因ではないと推測できた。

これを踏まえ次に「がまん」条件について述べる。

##### 意志による嚥下制御が嚥下反射惹起に与える影響

「がまん」条件では、がまん有りで液体の注入時間、注入量ともに著しく増加し、がまん無しとの間で有意差を認めた( $p < 0.01$ )。その要因を説明しうる重要な所見が内視鏡所見から得られた。「がまんあり」の条件では液体の注入に伴い、徐々に披裂部の内転が増強し、喉頭が前方に傾き、下咽頭腔が拡大する所見を認めた(図14)。この下咽頭の形態の変化により、下咽頭に貯めることのできる液体の容量が増し、注入時間が延長した<sup>35</sup>と考えた。この現象は、PouderouxらがVFでの観

察から報告した液体注入量の増大に伴う舌根部の前方移動と同様かもしれない。彼らはこの現象について、喉頭蓋谷領域の容積を拡大させて嚥下反射開始を調節する順応的な動きであると考察している。彼らの研究ではVF側面像の観察を行ったため、披裂を含めた喉頭周囲の形態変化については観察できなかったと考えられる。今回の結果は、同様の現象を異なった視点から観察したものであり、この順応的な形態変化が、注入量増加の本質であると考えた。

嚥下反射惹起時の液体先端位置の検討では、ほとんどの例で液体が梨状窩を半分以上満たした時点で嚥下反射が生じ、「がまんあり」の条件下では液体が梨状窩全体を満たし、さらに披裂陥凹や披裂喉頭蓋ひだの部分から喉頭内にあふれようとする時点で嚥下反射が惹起される様子が観察された。(図15)。これは下咽頭、特に喉頭周囲に嚥下反射惹起の閾値の低い部分が存在するという説<sup>19,35-37</sup>を支持し、がまんありの課題では、上記で述べたように喉頭形態の順応的な変化が生じ、下咽頭での液体貯留量が増加し、最終的に嚥下反射惹起の閾値の低い部分に液体が達すると嚥下反射が惹起されたと考えられる。つまり、意志による嚥下制御は咽頭での感覚入力の閾値を変化させて嚥下反射惹起を抑制するのではなく、誤嚥を防止するために喉頭周囲に存在する嚥下反射惹起の閾値の低い部分への食塊流入を回避する能動的行動を起こすと考えた。

つまり、本研究において、嚥下反射惹起の主要因は、喉頭周囲のトリガーポイントが有力であると考えられた。

一方、咀嚼有りの条件では、咀嚼無しの条件に比べて液体が披裂喉頭蓋ひだを越えて喉頭に侵入しようとする時点で嚥下反射が生じる率が高かった。これは咀嚼運動によって食塊の流れが変化したことを示唆する。またこの事象を液体注入時間が咀嚼無しに比べて咀嚼有りの条件で短くなる傾向を示したことと併せて考えると、咀嚼により食塊が嚥下反射惹起の閾値の低い部分に早期に誘導されたことが推察された。

被験者毎の嚥下反射惹起時の液体先端位置の検討結果をみると、いずれも迷走神経支配領域に食塊が達したときに嚥下反射が惹起され、がまんによりさらに深い位置に食塊が達する傾向を認めたが、その部位は個人差が大きかった(図16)。従って、本研究の結果は嚥下反射惹起を一義的に説明するものとはいえなかった。ただし、嚥下反射を誘発させる多様な要因のなかで、感覚受容器の位置が大きな影響力のある要因である可能性は確認できた。

##### 咀嚼が嚥下反射惹起に与える影響

咀嚼と嚥下は相互に拮抗して活動し、高度に統合された運動であると考えられ、これまでの研究でその相互作用に関する多数の報告<sup>38-40</sup>がされている。

Sumi<sup>39</sup>は皮質咀嚼野の刺激により生じたりズミカルな咀嚼運動が咽頭への水の注入または上喉頭神経刺激による嚥下運動の誘発により抑制されたと報告した。これは嚥下が咀嚼を抑制するという結果である。

Lamkadem<sup>21</sup>らは、麻酔した羊の大脳皮質咀嚼野に連続的な電気刺激を与えると、上喉頭神経の電気刺激により惹起される反射性嚥下が抑制されたことを報告した。ただし、一度嚥下反射が生じるとその一連の嚥下運動は中断されることはなかったとも報告した。これは咀嚼が嚥下反射惹起を抑制するという結果である。

このような咀嚼と嚥下の相互作用は、脳幹レベルおよび大脳皮質レベル双方でなされ、刺激の強度やタイミングにより嚥下に対して抑制にも促進にも働くと考えられている<sup>39,40</sup>。

Process modelによる嚥下前咽頭進行を確認した著者は、咀嚼嚥下では下咽頭に食塊が達しても嚥下反射がすぐには起こらないこの現象を理解しようとしたときに、咀嚼が嚥下反射惹起を抑制した結果であると仮定し説明を試みた。咀嚼が嚥下を抑制すると仮定すると最も単純に嚥下前咽頭進行の成因を説明できるし、Lamkadem<sup>21</sup>らの報告とも合致したからである。

もし、咀嚼が嚥下反射を抑制すると仮定すると、咀嚼をさせた場合は、有意に注入時間、あるいは量が増加するはずである。

ところが、結果では、咽頭へ液体を注入してから嚥下反射が惹起されるまでの時間に、咀嚼の有無では有意差を認めず、咀嚼が嚥下反射惹起を抑制するという仮説を否定する結果となった。つまり、咀嚼は嚥下を抑制しなかった。鑑みると咀嚼は摂食に不可欠な運動であり、この運動を行うと嚥下反射惹起が遅延するという現状は、生理的に不合理である。咀嚼が嚥下を抑制しないと考えた方が合理的であるので、今回の結果は妥当性がある。しかし、本研究方法の限界として以下の2つの点を考慮しなければならない。1) 経鼻的に留置したカテーテルから咽頭に直接液体が注入されるのは非生理的である。この下咽頭への非生理的な感覚刺激が強い刺激となって嚥下反射を惹起し、咀嚼が嚥下反射惹起に与える影響を隠してしまった可能性がある。2) 本研究で評価した嚥下は、口腔から咽頭へ液体が送り込まれる通常の嚥下とは異なるため、摂食・嚥下の随意的過程よりも誤嚥を防ぐための防衛的(反射性)嚥下が優先され、咀嚼の影響が認められなかった可能性がある。しかし、実際はこの両者の影響

を除外して生体実験を計画することは困難であろう。

## 本章のまとめ

咽頭に直接液体を注入し、嚥下反射惹起に関して検討した。

咽頭への液体の注入速度が速いほど、嚥下反射惹起までにかかる時間が短く、液体注入量は増大した。咀嚼の有無では液体注入時間、注入量に有意差を認めなかった。内視鏡による観察により、食塊が喉頭周囲に達すると披裂の内転および嚥下が惹起されることが示された。また、嚥下をがまんすることにより、咽頭の容積を拡大させ食塊が喉頭周囲に達するのを遅らせるような形態変化が認められた。以上より嚥下反射惹起の要因として重要なのは液体の流入速度や咽頭での貯留量ではなく部位特異的な感覚入力であることが示唆された。

また、咀嚼は嚥下反射惹起を抑制しなかった。これは仮説を否定したが、生理学的には合目的であり、妥当な結果と考えられた。

## 第 4 章 結 論

1) Palmer<sup>11,12</sup>らのProcess modelで提唱されたStage II transportの出現率を、座位と咽頭にかかる重力を排除したよつばい位において検討した。すべての物性で嚥下反射開始前の食塊の咽頭進行を認め、特に液体を含む物性の咀嚼嚥下では食塊は下咽頭にまで到達していた。これらの結果から、Stage II transportはPalmer<sup>11,12,16</sup>らの見解の通り、主に咀嚼に伴う舌の能動輸送によって行われていると考えられた。新たな知見として、液体を含む食物形態では、この能動輸送に加え重力による受動的影響が働き、食塊が下咽頭にまで達することを示唆した。

2) Process modelの考えを摂食・嚥下障害者に適用し検討した。咀嚼時に見られた、液体を含む食物形態で嚥下反射開始前に食塊が下咽頭に存在する現象が、摂食・嚥下障害患者の誤嚥の危険性を増大させる可能性を想定した。結果は液体と固形物の混合咀嚼嚥下が命令嚥下と比べ、高い誤嚥検出率を呈していた。この固形物の混合咀嚼嚥下はこれまでの命令嚥下を主体としたVFでは描出しえなかった誤嚥を検出したと考えることができる。また、この課題は、我々の普段の食事で行う行為、すなわち、液体と固形物が同時に口腔内に存在した状態で咀嚼し嚥下するという行為に非常に近似した課題と考える。VFでより臨床的に安全な食事方法を評価する課題としてこの考えは妥当であり、本研究で採用した課題を「咀嚼負荷嚥下法」として臨床

に導入するべきであると考えた。

3) これまでの結果より、咀嚼が嚥下反射惹起を遅らせる(抑制する)可能性を想定し、咀嚼の有無が嚥下反射惹起に与える影響を検討した。Pouderouxらが行った咽頭への液体注入後の反応的な嚥下反射を誘発させる実験を応用し、彼らの行った意志的な反射の抑制課題「がまん課題」に加え、「咀嚼課題」を計画し施行した。結果は液体注入開始から嚥下反射惹起までの時間に咀嚼の有無による差を認めず、咀嚼が嚥下反射惹起を抑制するという仮説は否定された。一方、液体の注入速度および嚥下をがまんする課題では嚥下反射惹起までの時間に有意差を認めた。また、このときの内視鏡的観察から、嚥下をできるだけがまんした場合には披裂が強く内転し、下咽頭の容積が拡大し、液体が喉頭周囲に達するのを遅らせる動きが認められた。これは嚥下反射惹起には咽頭に流入する液体の速度や量などの感覚情報よりも、喉頭周囲の部位特異的な感覚入力が重要であることを示唆する結果と考えられた。そして、嚥下をがまんするという操作は嚥下反射惹起の閾値を変化させて嚥下開始を遅らせるのではなく、能動的に喉頭領域の構造を変化させ、目的を達しているという興味深い知見が得られた。

本研究は、咀嚼嚥下が命令嚥下とは異なる嚥下動態を呈するというPalmerらの報告<sup>11,12</sup>を追認し、さらに彼らの行わなかった、より実際に則した課題、すなわち液体と固形物の混合咀嚼嚥下(咀嚼負荷嚥下法)を検討して、「飲む」ではなく「食べる」という機能に対し新たな知見を加えたものである。特に重要な点は、液体成分を含む食塊は、咀嚼により、嚥下反射が開始する前に下咽頭に進行したことであった。このことは摂食・嚥下障害者にとっては誤嚥に密接に関連する重要な所見であった。なぜ、このような非合目的とも思える動態を示すかに関しては確定することはできないが、

咀嚼そのものは嚥下反射に対して抑制的な働きを示す証拠はなかった。

摂食・嚥下障害者のリハビリテーションを考えると、今回得られた咀嚼嚥下に関する知見は慎重にあるいは積極的に検討されなければならないものである。特に誤嚥を防止し安全に摂食をさせるという立場からは、咀嚼による咽頭進行を制御する手法の開発が重要である。これまで経験的に行われていた食事形態を変化させることによる対応、例えば、ペースト状にした食事は、咀嚼することを回避させる食事であると考えると非常に合目的なものである。このように考えると、食事形態のあり方を再考する余地はあろう。また、現在は未だ検討されていないが、咽頭進行を起こしにくい咀嚼方法の模索は有力かもしれない。さらに「がまん課題」で得られた喉頭周囲の構造の能動的变化と嚥下反射惹起性の変化を鑑みると、訓練などで喉頭の運動を操作することによって、嚥下反射惹起のコントロールができるようになる可能性も想定できる。これらのように本研究結果は新たな訓練方法などの検討に有用な示唆を与えるものである。今後はさらに臨床に則した検討を加え発展させる予定である。

本研究の一部は平成12、13年度厚生科学研究補助金「摂食・嚥下障害の治療・対応に関する統合的研究」及び厚生労働科学研究費補助金(H14-長寿-019)によった。

この稿を終えるにあたり、御懇篤なるご指導およびご教授を賜り、また大変ご多忙のなか、論文を御校閲いただいた藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学講座、才藤栄一教授に深謝申し上げます。また、実験のすべてにわたり多大なるご協力を頂いた、藤田保健衛生大学衛生学部、馬場 尊教授を始め、藤田保健衛生大学病院リハビリテーション部、藤田保健衛生大学病院放射線部の皆様にご感謝申し上げます。

さらに研究の基礎となったプロセスモデルについて詳細にご指導頂き、研究の方向性について助言を頂いたSyracuse大学のKaren Hiimae教授、Johns Hopkins大学のJeffrey B Palmer教授にも謹んで御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) Dodds, W. J., Logemann, J. A., and Stewart, E. T. (1990) Radiologic assessment of abnormal oral and pharyngeal phases of swallowing. *AJR Am. J. Roentgenol.* 154. 965-974.
- 2) Dodds, W. J., Stewart, E. T., and Logemann, J. A. (1990) Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallow. *AJR Am. J. Roentgenol.* 154. 953-963.
- 3) Donner, M. W. (1998) The evaluation of dysphagia by radiography and other methods of imaging. *Dysphagia* 1. 49-50.
- 4) 才藤栄一, 木村彰男, 矢守 茂, 森ひろみ, 出江紳一, 千野直一 (1986) 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.
- 5) Palmer, J. B., Kuhlemeier, K. V., Tippett, D. C., and Lynch, C. (1993) A protocol for the videofluorographic swallowing study. *Dysphagia* 8. 209-214.
- 6) Ekberg, O. (1999) Is it good to be spontaneous? *Dysphagia* 14. 43.
- 7) Leopold, N. A. (1983) Swallowing, ingestion and dysphagia: a reappraisal. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 64. 371-373.
- 8) Logemann, J. A. (1998) Evaluation and treatment of swallowing disorders, 2nd ed., pp.23, Pro-ED, Texas
- 9) Feinberg, M. J. (1993) Radiographic techniques and interpretation of abnormal swallowing in adults and elderly patients. *Dysphagia* 8. 356-358.
- 10) Palmer, J. B., Rudin, N. J., Lara, G., and Crompton, A. W. (1992) Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia* 7. 187-200.
- 11) Palmer, J. B. (1997) Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: a new model for the physiology of swallowing.

- Jpn. J. Dysphagia Rehabil.* 1. 15-30.
- 12) Hiimeae, K. M. and Palmer, J. B. (1999) Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 14. 31-42.
  - 13) Logemann, J. A. (1998) Evaluation and treatment of swallowing disorders, 2nd ed., pp.89-96, Pro-ED, Texas
  - 14) Lazzara, G., Lazarus, C., and Logemann, J. A. (1986) The impact of thermal stimulation on the triggering of the swallowing reflex. *Dysphagia* 1. 73-77.
  - 15) 武田斉子, 才藤栄一, 松尾浩一郎, 馬場 尊, 藤井 航, Palmer, J. B. (2002) 咀嚼が食塊の咽頭進入に及ぼす影響. *リハ医学* 39. 322-330.
  - 16) Palmer, J. B. (1998) Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79. 691-696.
  - 17) 松尾浩一郎, 才藤栄一, 武田斉子, 馬場 尊, 藤井 航, 小野木啓子, 奥井美枝, 植松 宏, Palmer, J. B. (2002) 咀嚼および重力が嚥下反射開始時の食塊の位置に及ぼす影響. *日摂食嚥下リハ会誌* 6. 65-72.
  - 18) Linden, P., Tippett, D., Johnston, J., Siebens, A., and French, J. (1989) Bolus position at swallow onset in normal adults: preliminary observations. *Dysphagia* 4. 146-150.
  - 19) Dua, K. S., Ren, J., Bardan, E., Xie, P., and Shaker, R. (1997) Coordination of deglutitive glottal function and pharyngeal bolus transit during normal eating. *Gastroenterology* 112. 73-83.
  - 20) Miller, A. J. (1999) *The Neuroscientific Principles of Swallowing and Dysphagia*. Singular Pub. Group, San Diego
  - 21) Lamkadem, M., Zoungrana, O. R., Amri, M., Car, A., and Roman, C. (1999) Stimulation of the chewing area of the cerebral cortex induces inhibitory effects upon swallowing in sheep. *Brain Res.* 832. 97-111.
  - 22) 湯浅龍彦 (2003) 嚥下障害と機能的神経解剖学. *神経内科* 58. 255-259.
  - 23) 馬場 尊, 才藤栄一 (2000) 摂食・嚥下障害に対するリハビリテーションの適応. *J. Clin. Rehabil.* 9. 857-863.
  - 24) Horner, J., Buoyer, F. G., Alberts, M. J., and Helms, M. J. (1991) Dysphagia following brain-stem stroke. Clinical correlates and outcome. *Arch. Neurol.* 48. 1170-1173.
  - 25) Horner, J., Brazer, S. R., and Massey, E. W. (1993) Aspiration in bilateral stroke patients: a validation study. *Neurology* 43. 430-433.
  - 26) Alberts, M. J., Horner, J., Gray, L., and Brazer, S. R. (1992) Aspiration after stroke: lesion analysis by brain MRI. *Dysphagia* 7. 170-173.
  - 27) Gordon, C., Hewer, R. L., and Wade, D. T. (1987) Dysphagia in acute stroke. *Br. Med. J.* 295. 411-414.
  - 28) Horner, J., Massey, E. W., Riski, J. E., Lathrop, D. L., and Chase, K. N. (1988) Aspiration following stroke: clinical correlates and outcome. *Neurology* 38. 1359-1362.
  - 29) Meadow, J. (1973) Dysphagia in unilateral cerebral lesions. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 36. 853-860.
  - 30) Robbins, J. and Levin, R. L. (1988) Swallowing after unilateral stroke of the cerebral cortex: preliminary experience. *Dysphagia* 3. 11-17.
  - 31) Robbins, J., Levin, R. L., Maser, A., Rosenbek, J. C., and Kempster, G. B. (1993) Swallowing after unilateral stroke of the cerebral cortex. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 74. 1295-1300.
  - 32) Veis, S. L. and Logemann, J. A. (1985) Swallowing disorders in persons with cerebrovascular accident. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 66. 372-375.
  - 33) Field, L. H. and Weiss, C. J. (1989) Dysphagia with head injury. *Brain Inj.* 3. 19-26.
  - 34) Shaker, R., Dodds, W. J., Dantos, R. O., Hogan, W. J., and Arndorfer, R. C. (1990) Coordination of deglutitive glottic closure with oropharyngeal swallowing. *Gastroenterology* 98. 1478-1484.
  - 35) Poudroux, P., Logemann, J. A., and Kahrilas, P. J. (1996) Pharyngeal swallowing elicited by fluid infusion: role of volition and vallecular containment. *Am. J. Physiol.* 270. G347-354.
  - 36) Ertekin, C., Kiyiloglu, N., Tarlaci, S., Turman, A. B., Secil, Y., and Aydogdu, I. (2001) Voluntary and reflex influences on the initiation of swallowing reflex in man. *Dysphagia* 16. 40-47.
  - 37) Shaker, R., Ren, J., Zamir, Z., Sarna, A., Liu, J., and Sui, Z. (1994) Effect of aging, position, and temperature on the threshold volume triggering pharyngeal swallows. *Gastroenterology* 107. 396-402.
  - 38) Car, A. (1973) La commande corticale du centre deglutiteur bulbaire. *J. Physiol. (Paris)* 66. 531-551.
  - 39) Sumi, T. (1971) Modification of cortically evoked chewing and swallowing from midbrain and pons. *Jpn. J. Physiol.* 21. 489-506.
  - 40) Sumi, T. (1972) Role of the pontine reticular formation in the neural organization of deglutition. *Jpn. J. Physiol.* 22. 295-314.

Bulletin of The Fujita Medical Society

藤田学園医学会誌

臨時 学位論文集 第25巻  
増刊 第1号 2006

---

印刷：平成18年12月10日  
発行：平成18年12月10日  
発行者：愛知県豊明市沓掛町字田楽ヶ窪1-98  
藤田保健衛生大学  
藤田学園医学会  
編集責任者：中野 浩  
印刷所：山菊印刷株式会社

---