嚥下第II期におけるbolus形成の メカニズムに関する研究

鈴木 康司*, 堀口 利之**, 土田 みね子*

A Mechanism for the Formation of a Bolus during Normal Swallowing

Yasushi Suzuki, M.D.,* Satoshi Horiguchi, M.D.,** and Mineko Tsuchida, M.D.*

*Department of Otorhinolaryngology, Toshiba General Hospital, Tokyo, and

**Department of Otorhinolaryngology, Tokyo Medical University, Tokyo

We conducted experiments to determine the changes in swallowing attributable to differences in the property of the materials to be swallowed. The maximum swallowing capacity for water and 2% Throughsoft STM (an aqueous solution containing a starch power) was always larger by about 20 ml for water than for 2% Throughsoft STM, though the absolute amount swallowed varied with each individual. On the other hand, the concept of ease in swallowing, presumably involving a light load was advanced in this study. Bolus volume of each swallow during continuous swallowing was close to that of easy swallowing. The volume did not apparently differ from that of water nor that of 2% Throughsoft STM. These results seem to suggest that the root of the tongue judges the property of the material to be swallowed before the completion of the stage II of swallowing, at latest, and actively determines the appropriate amount of material to be swallowed.

Key words : 最大1回嚥下量, 無関位嚥下量, 嚥下試行量-1回嚥下量曲線, 連続嚥下

I. はじめに

今日の嚥下研究の多くは, 嚥下の急速で複雑な運動の時間的経過を口腔相, 咽頭相, 食道相のいわゆる phase (位相) あるいは嚥下第I期, 第II期, 第III期の stage (期) に分類され行われている。そして phase (位相) とはX線透視により観察し得る bolus の移動状態の時間的経過を表し, stage (期) とは嚥下の神経機構における出力の時間的経過を表すものと解釈されている。しかしながらこの phase と stage については混同されることが多く, また phase と stage

を比較して論じた報告は少ない。

1816年 Magendie¹⁾ は嚥下の仕組みを口腔期, 咽頭期, 食道期の3期に分類した。このうち特に1895年 Roentgen によってX線が発見され, X線写真やX線透視の観察が可能になると, bolus の移動に伴う口腔, 咽頭, 喉頭の詳細な経時的計測が行われ^{2,3)}, 口腔相, 咽頭相, 食道相のいわゆる phase (位相) の概念が発展していった。

一方神経学的に特に筋電図学的手法を用いてもこの3期は研究され, 第I期, 第II期, 第III期の stage (期) の概念が提唱されていった。1956年 Doty と Bosma⁴⁾ はイヌ, サル, ネコを用い, 咽頭粘膜の触刺激および電気的刺激を与え反射的嚥下を惹起させ, その際の口腔および咽頭各筋の活動について報告した。

1967年, 井上⁵⁾ は初めて嚥下時の筋電図とX

*東芝病院耳鼻咽喉科, **東京医科大学耳鼻咽喉科学教室

別刷請求: 〒113-0024 文京区西片1-12-12

鈴木康司

投稿受付: 1998年1月19日

線透視の同時記録行い、嚥下第Ⅱ期の bolus の通過と各筋の電氣的活動について報告した。また1979年、吉田⁶⁾は嚥下第Ⅱ期の開始時点について言及しており、嚥下第Ⅱ期の開始時点は bolus の通過状態によって分類されるべきではなく、運動生理学的には筋活動の面から決めるのが妥当と述べ、さらに輪状咽頭筋の弛緩開始よりわずかに前に（嚥下）第Ⅱ期の開始時点があると推察した。

1994年、進⁷⁾は phase と stage の時間的経過を比較し、phase と stage の「ずれ」により嚥下障害の発生機序を説明した。すなわち嚥下障害は末梢あるいは中枢神経系の異常により、嚥下の期 stage と位相 phase に一定の許容範囲を超えた「ずれ」を生じることによるものと述べている。さらに進は、正常者の場合にはこの「ずれ」は代償されると考えた。

近年造影剤等の物性に関する研究ならびに造影造影剤の嚥下動態に関する研究がなされている⁸⁻¹⁴⁾。前述のように正常者の場合には bolus の物性に依じて嚥下量を調節することにより phase と stage の「ずれ」を代償していると考えられるが、これまで嚥下物の性状と1回嚥下量を厳格にコントロールして行われた報告は少ない¹⁵⁻¹⁹⁾。そこでわれわれは口腔内にふくませる嚥下物の量を段階的に増加させることにより1回に嚥下し得る最大量（最大1回嚥下量）を機能的に測定し、嚥下物の性状の違いに対するこの最大1回嚥下量の変化の生理的意義について検討した^{15,16)}。また正常成人では bolus の種類によりその咽頭通過時間は変わらないとの報告がある^{6,9)}が、ある種の負荷を与えた時に嚥下量

が bolus の物性によりどのような変化をし、また変化があるのなら何に起因するのかを調べる目的で、今回連続嚥下における1回嚥下量を測定し、最大1回嚥下量と比較検討し¹⁷⁾、これにより嚥下時の bolus の大きさを決定する要因について考察を加えた。

II. 方 法

〔実験1〕

被験者として正常成人および咽喉頭異常感を訴え来院し下咽頭食道透視を施行した患者で、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37例、女性12例を対象とした。年齢分布を表1に示す。嚥下物としては水、およびキッセイ薬品工業社製食品増粘剤2%スルーソフトSを用いた。それぞれを10 ml ごとの漸増法にてできるだけ多く1回嚥下させた。この際2度嚥下、分割嚥下を行っていないことは、視診・触診にて喉頭に複数回の挙上がないことで確認した。一度の嚥下で嚥下しきれずに嚥下物が口腔内に残留した場合には、直ちに口腔内よりこれを吐き出させその量を測定し、嚥下試行量からこの吐き出した量を差し引いたものを、実際に嚥下した量として算出した。この試行量を10 ml ずつ増加し、水でおおむね5回、2%スルーソフトSでおおむね4回試行した。これにより2種類の嚥下物についてそれぞれ嚥下試行量に対して1回でどのくらい実際に嚥下したかを示す嚥下試行量-1回嚥下量曲線を作成した。

〔実験2〕

〔実験1〕を行った正常成人の被験者のうち試

表1 〔実験1〕の被験者の年齢分布

	～25	～30	～35	～40	～45	～50	～55	～60	～65	66～
男 性	1	9	7	6	2	4	3	3	1	1
女 性	1			1	2	2	3		3	

表2 〔実験2〕の被験者の年齢分布

	～25	～30	～35	～40	～45	～50	～55	～60	～65	66～
男 性		3	4	2						
女 性	1

図1 48歳男性：咽喉頭異常感症
水，スルーソフト Sともに平坦化する。

図2 54歳男性：咽喉頭異常感症
水でピークを迎えた後に減少傾向を示す。

表3 48歳男性：咽喉頭異常感症(図1の実際の計測値)。グラフには縦軸に実際の嚥下量(ウ)，(ク)が，横軸に嚥下試行量(ア)，(カ)が示されている。なお，スルーソフト Sでは，実験時にその粘性によりカップに付着する部分があるため，カップに用意した量より付着量を差し引いた値を嚥下試行量とした。

水 (ml)	嚥下試行量	(ア)	70	80	90	100	110
	吐出した量	(イ)	0	0	6	18	25
	実際の嚥下量	(ウ)=(ア)-(イ)	70	80	84	82	85
スルーソフト S (ml)	カップ内の総量	(エ)	50	60	70	80	
	カップ内の残量	(オ)	12	12	10	13	
	嚥下試行量	(カ)=(エ)-(オ)	38	48	60	67	
	吐出した量	(キ)	0	0	6	17	
	実際の嚥下量	(ク)=(カ)-(キ)	38	48	54	50	

表4 54歳男性：咽喉頭異常感症 (図2の実際の計測値，詳細は表3に同じ)

水 (ml)	嚥下試行量	(ア)	80	90	100	110
	吐出した量	(イ)	0	0	39	49
	実際の嚥下量	(ウ)=(ア)-(イ)	80	90	61	61
スルーソフト S (ml)	カップ内の総量	(エ)	50	60	70	80
	カップ内の残量	(オ)	8	7	9	10
	嚥下試行量	(カ)=(エ)-(オ)	42	53	61	70
	吐出した量	(キ)	0	0	0	6
	実際の嚥下量	(ク)=(カ)-(キ)	42	53	61	64

行量を10 ml ずつ増加させていき，その試行量の嚥下物のすべてを口腔内に留置または保持できなくなるまで，あるいは保持できても嚥下動作が不可能になるまで嚥下試行回数を増加し得た男性9例，女性1例(年齢分布を表2に示す)について水，および2%スルーソフト Sを300

ml程度から連続嚥下させた。この際視診にて喉頭の挙上回数を数え，さらに被験者に何回嚥下したかを申告させ，この両者が一致した時にこれを連続嚥下における嚥下回数とした。そして嚥下総量をこの嚥下回数で割り，連続嚥下における1回嚥下量を算出し，得られた値を嚥下試

行量-1回嚥下量曲線上に重ね合わせ比較した。

III. 結 果

〔実験1〕

実際に得られた代表的な嚥下試行量-1回嚥下量曲線を示す。横軸に嚥下試行量を、縦軸に実際の嚥下量をとってある。

図1（表3）は48歳の男性で咽喉頭異常感症の症例だが、嚥下試行量の増加に伴い1回嚥下量は途中まで単純に増加し、やがて1回嚥下量は平坦化し、水では84 ml、2%スルーソフトSでは52 ml でプラトーとなった。

しかし症例の中には、初めは嚥下試行量の増加に伴い、いったんピークを迎えた後に減少する症例や、実際の1回嚥下量が初めから減少する症例も数多く見られた。図2（表4）、図3（表5）にこのような症例を示す。

図3 33歳男性：咽喉頭異常感症
水、スルーソフトSともにピークを迎えた後に減少傾向を示す。

図4 A群, B群, C群のおおのの嚥下試行量-1回嚥下量曲線

表6 〔実験1〕の49症例のタイプ別分類

	A群	B群	C群	分類不能群	合計
水	5	19	20	5	49
スルーソフトS	9	14	10	16	49

表5 33歳男性：咽喉頭異常感症（図3の実際の計測値，詳細は表3に同じ）

水 (ml)	嚥下試行量	(ア)	60	70	80	90	100
	吐出した量	(イ)	0	0	26	38	46
	実際の嚥下量	(ウ)=(ア)-(イ)	60	70	54	52	54
スルーソフトS (ml)	カップ内の総量	(エ)	50	60	70	80	
	カップ内の残量	(オ)	13	10	9	12	
	嚥下試行量	(カ)=(エ)-(オ)	37	50	61	68	
	吐出した量	(キ)	0	0	8	22	
	実際の嚥下量	(ク)=(カ)-(キ)	37	50	53	46	

表7 B群, C群症例のP点(最大1回嚥下量), F点(無関位嚥下量)
水, スルーソフトSともに同一群で, かつ同一点を確認できたものにつ
いてはおのおの最右列にその差を明示した。

#	Init	age	sex	Diag.	Group		P点		F点		水-固	
					水	固形物	水	固	水	固	P点	F点
1	A.N.	28	M	PLEN	C	B	80	39			41	
2	C.U.	28	M	PLEN	C	C	50	40	30	29	10	1
3	Y.O.	28	M	Normal	B	C	88	67			21	
4	K.H.	32	M	Normal	B	B	57	44			13	
5	K.K.	33	M	PLEN	C	C	70	53	54		17	
6	K.M.	34	M	Normal	C	C	38	37	21	14	1	7
7	E.K.	35	M	Normal	B	B	70	50			20	
8	C.I.	36	M	PLEN	B	B	85	55			30	
9	H.T.	37	M	PLEN	B	C	74	58			16	
10	Y.S.	37	M	PLEN	C	B	78	64			14	
11	I.K.	38	M	Normal	C	C	60	58			2	
12	Y.S.	40	M	Normal	B	C	80	70			10	
13	K.M.	44	M	PLEN	B	C	78	50			28	
14	F.I.	44	M	PLEN	C	C	60	48	40		12	
15	Y.Y.	46	M	PLEN	B	C	63	42			21	
16	E.U.	48	M	PLEN	B	B	85	54			31	
17	Y.S.	49	M	Normal	B	B	80	61			19	
18	Y.N.	50	M	PLEN	C	B	76	62			14	
19	M.O.	54	M	PLEN	C	C	90	64	61		26	
20	T.K.	60	M	PLEN	C	B	70	30	52		40	
21	T.I.	61	F	PLEN	B	B	43	40			3	
22	H.N.	68	M	PLEN	B	B	77	57			20	

今回行った49症例の嚥下試行量-1回嚥下量
曲線を水, 2%スルーソフトSおのおのにつ
いて分類すると以下の4群に大別できた。これら
を仮にA群, B群, C群, 分類不能群と名付け
る(図4)。すなわち実際の1回嚥下量が,

- A: 嚥下試行量と共に単調に増加するもの
- B: 増加の後平坦化しプラトーを形成するもの
- C: ピークを迎えた後減少するもの, あるいは減少の後平坦化するもの

分類不能: 明らかなパターンを示さず, 上記
3群に分類できないもの。

全症例をこれらのタイプ別に分類し, その症

例数を表6に示した。

この中でピークないしプラトーを形成しな
かったA群および分類不能群は, 一応今回の検討
対象からは除外した。したがって今回検討の対
象としてB群とC群を選んでいる。B群とC群
で最初のピークをP点(peak点: 最大1回嚥下
量)と呼ぶこととする。またC群すなわち1回
嚥下量がピークを迎えた後に平坦化した時の1
回嚥下量をF点(flat点: 無関位嚥下量)と呼ぶ
こととする。水, 2%スルーソフトSの両者で
ともに最大1回嚥下量を観測できた例は49例中
22例(22/49)であり, その両者の差は1~41 ml

図5 40歳男性：水の嚥下試行量-1回嚥下量曲線と連続嚥下における1回嚥下量
連続嚥下における1回嚥下量をグラフ右に矢印にて示す。

図6 40歳男性：スルーソフトSの嚥下試行量-1回嚥下量曲線と連続嚥下における1回嚥下量
連続嚥下における1回嚥下量をグラフ右に矢印にて示す。

表8 最大1回嚥下量，無関位嚥下量と連続嚥下における1回嚥下量の比較

	No	age	sex	P点	F点	1	2	3	4	5	6	7
水 (ml)	1	21	F			21.1	15.9	26.7	16.0			
	2	28	M	88		48.6	44.1	37.5	36.8			
	3	28	M			36.9	35.8					
	4	29	M			50.3	40.1	32.8	33.5			
	5	31	M	90		19.6	13.9					
	6	32	M			48.2	47.0	43.6	35.3			
	7	34	M	38	21	18.9	20.2	12.1	19.7			
	8	35	M	70	23	55.5	53.1	28.2	53.4	54.5		
	9	38	M	60	31	39.3	32.7	33.3	33.4			
	10	40	M	80	40	60.9	58.9	53.9	34.9	34.6	56.3	34.4
スルーソフト S (ml)	1	21	F	48	12	14.5	12.7	11.4	13.5			
	2	28	M	67		44.9	45.0	36.6	38.6			
	3	28	M	69		32.9	35.6					
	4	29	M			20.4	16.8	23.7	18.5			
	5	31	M			8.6	10.3					
	6	32	M			37.1	39.5	33.2	32.2			
	7	34	M	37	14	18.8	20.4	15.0	17.0			
	8	35	M	50		47.4	30.5	20.0	31.4	19.1		
	9	38	M	58	34	31.3	28.6	28.1	26.7			
	10	40	M	65		35.4	31.2	28.3	25.5	31.9		

と個人によってバラつきがあるが、常に水の最大1回嚥下量のほうが多いと言える(表7)。

【実験2】

嚥下試行量-1回嚥下量曲線上に連続嚥下時の1回嚥下量を重ね合わせたグラフを示す。嚥下試行量-1回嚥下量曲線は【実験1】と同様に描き、その右に連続嚥下時の1回嚥下量を矢印で書き加えた。

図5は40歳男性の症例で、3回行った嚥下試行量-1回嚥下量曲線からは75~80 mlが1回最大嚥下量であることが確認され、また先の分類によるとC群に相当する曲線も見られる。一方連続嚥下における1回嚥下量はグラフ右に矢印で示したが、二峰化する傾向を示す。

同じ被験者のスルーソフトSでの結果を図6に示す。最大1回嚥下量は確認できるが、無関位嚥下量は確認できず、連続嚥下では1回嚥下量は30 ml前後に集中している。

今回行った正常成人10症例の結果を表8に示す。無関位嚥下量(F点)を確認できた症例では、連続嚥下における1回嚥下量の中に近い数値を見いだせるが、最大1回嚥下量(P点)とは一致し難い。これは水、スルーソフトS両者で同様である。

IV. 考 察

嚥下第I期から第II期にかけて口峽を越えて送り込まれた bolus は嚥下反射が惹起され、その先端はまさに弛緩せんとする食道入口部に向い送り込まれる一方、1回の嚥下動作で口腔内のすべてを嚥下できない場合には、その bolus の後端は適切な量をもって舌根部で切断される。これにより下咽頭には過剰な量の bolus が送り込まれることなく、誤嚥なく嚥下が無事終了する。

【実験1】においてわれわれが仮に分類したB群とC群について比較すると、B群では最大1回嚥下量を超える量の物が口腔内にあっても、口腔内での bolus の操作がまだ可能で、最大1回嚥下量での嚥下を、嚥下試行量がさらに増えても維持でき、一方C群では、最大1回嚥下量でピークを作るものの、さらにこれを超えた場合には、より少ない量でより楽に分割嚥下しようとしたものと考えた。これらから、また【実

図7 予想される嚥下試行量-1回嚥下量曲線

験2】の結果も踏まえた上で、仮に段階的に嚥下試行量を相当量増加させることができたとして嚥下試行量-1回嚥下量曲線を作成したならば、おそらく図7のようになることが予想される。すなわち今回われわれの観測し仮に分類したA群、B群、そしてC群はそれぞれ図7に示した一部分をとらえたものである。

一方現在までに嚥下物の物性の違いによる嚥下動態については様々な報告がなされており⁶⁻¹⁹⁾、吉田⁶⁾は液体造影剤(硫酸バリウム)と固形造影剤(バリウムを浸したパン)を嚥下物とし筋電図およびX線学的に詳細な検討を行っており、正常者では、口峽を越えた bolus によってひとたび嚥下第II期の反射が惹起されるとそれに関与する筋群の筋活動は一定の kinesiological pattern をとり、体位および嚥下物に関係なく常に一定の作動様式をとると報告している。稲木ら⁹⁾は液体造影剤(硫酸バリウム)と固形造影剤として市販の蒸しパンミックスに液体バリウムを混ぜあわせたもので検討を行っており、bolus の咽頭通過時間を bolus の先端が口峽部を越え食道入口部に達するまでの時間と、bolus が食道入口部を通過する時間に分けて測定しているが、正常者では液体造影剤と固形造影剤の通過時間に差は認められなかったと報告している。

今回われわれの実験で、水、2%スルーソフトSの両者で最大1回嚥下量を規定できた例では、ほぼ全例で2%スルーソフトSのほうが約

20 ml 程度少なくなっていた。吉田⁶⁾, 稲木ら⁹⁾の報告にあるように, 正常成人の嚥下において bolus の通過時間が一定とするのであれば, 最大努力という負荷を与えられた嚥下の場合に, 粘性の高いスルーソフト S のほうが bolus の単位時間当たりの移動量 (体積) が少ないことを示している。このことにより, 1 回の嚥下動作で嚥下しきれない量の物質が口腔内にあった時の嚥下動態に関して, 次のような二つの考え方ができる。

一つは舌根部で bolus の後端が形成される際に, その嚥下物の物性を判別し, bolus の量を調節しながら舌根部が bolus を咽頭へ送り込んでいる。例えばスルーソフト S はその粘性が高く一定時間当たりの単位時間当たりの移動量が少ないと判別し, 能動的 (active) に舌根部が水よりも小さな bolus を形成し咽頭へ送り込む。すなわち遅くとも嚥下第 II 期終了以前までに嚥下しようとする物質の性状を判別し, 適切な bolus の量を active に規定しているとする考え方である (能動的にちぎって押し込む)。

今一つは舌根部で bolus の後端が形成される際に, その物性に応じた移動測度を持つ bolus が舌根部の位置で分割された後に, 舌根部によって咽頭へ送り込まれる。例えばスルーソフト S は粘性が高く単位時間当たりの移動量が少ないので, 一定時間内に口峽を通過する体積は少なく, 小さな bolus が受動的 (passive) に形成される。すなわち嚥下物の物理的な性質により bolus の量が passive に規定されているとする考え方である (受動的にちぎれて落ちる)。

今回われわれは最大 1 回嚥下 [実験 1] および連続嚥下 [実験 2] という 2 種類の負荷を与えた嚥下を観測したが, 嚥下試行量-1 回嚥下量曲線上に現れる無関位嚥下量と連続嚥下における 1 回嚥下量はほぼ一致すると考えられる。この両者が同一の嚥下動態をあらわしているか否かは今後のわれわれの課題の一つと考えているが, いずれにせよこの無関位嚥下量は水, 2% スルーソフト S の両者でほとんど差は見られなかった。したがって, 嚥下物の物理的な性質により bolus の量が passive に規定されているのなら, 無関位嚥下量は最大 1 回嚥下量と同様に水で多くなると考えられる。しかしながら実

際に今回のわれわれの実験ではこの明らかな差を見いだすことができず, むしろ遅くとも嚥下第 II 期終了以前までに嚥下しようとする物質の性状を判別し, 適切な bolus の量を active に規定していることを示唆している。

実際の摂食では, bolus の性状は固形物の場合にも咀嚼, 攪拌によりほぼ一定の状態となり嚥下されるため, また常に最大努力を要求される嚥下でもないため, 1 回嚥下量が意識されることはない。しかしながらわれわれでも, 咀嚼, 攪拌がうまくできないもの, いわゆる飲み込みにくいものを嚥下する場合には, bolus の性状と 1 回嚥下量を意識することは経験されている。今回のように負荷を与えられた場合には, bolus の性状に応じて, 嚥下第 I 期から第 II 期の間で 1 回嚥下量を active な方法で調節を行っていることが示唆され, 今回このようなメカニズムの可能性について報告した。

V. ま と め

嚥下物の物性の違いによるその嚥下量の変化について実験を行い検討した。水および 2% スルーソフト S の 1 回最大嚥下量は, その絶対量は被験者個人によって異なるものの, 水のほうが常に 20 ml 程度多かった。一方より負荷の少ないと考えられる無関位嚥下量を提唱したが, 連続嚥下における 1 回嚥下量はこの無関位嚥下量に近似した量を示し, 水および 2% スルーソフト S の両者で明らかな差は見られなかった。これらの結果は, 遅くとも嚥下第 II 期終了以前までに嚥下しようとする物質の性状を判別し, その嚥下量すなわち適切な bolus の量を active に規定していることを示唆していると考えた。

稿を終えるに臨み, 御校閲を賜りました東京大学耳鼻咽喉科学教室加我君孝教授に深謝致します。

本論文の要旨は第 48 回日本気管食道科学会学術講演会 (1996 年, 大阪市), 第 16 回嚥下研究会 (1996 年 2 月, 熊本市), 第 17 回嚥下研究会 (1997 年 2 月, 箱根町), 第 10 回世界気管食道科学会議 (1997 年 6 月, ブダペスト) において口述発表致しました。

文 献

- 1) Magendie, F.: *Precis Elementaire de Physiologie*, Paris, Mequignon-Marvis, 2: 58-67, 1816.

- 2) Saunders, J.B. : The mechanism of deglutition (second stage) as revealed by cine-radiography. *Ann. Otol.*, 60 : 897-916, 1951.
- 3) Ramsey, G.H. : Cinefluorographic analysis of the mechanism of swallowing. *Radiology*, 64 : 498-518, 1955.
- 4) Doty, R.W., and Bosma, J.F. : An electromyographic analysis of reflex deglutition. *J. Neurophysiol.*, 19 : 44-60, 1956.
- 5) 井上鐵三 : 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) 吉田哲二 : 正常嚥下に関する筋電図学的ならびにX線学的研究. *耳鼻*, 25 : 824-872, 1979.
- 7) 進 武幹 : 嚥下の神経機序とその異常. *耳鼻*, 40(補1) : 241-422, 1994.
- 8) 堀口利之, 近藤玲子, 川端五十鈴・他 : バリウム寒天造影剤による嚥下障害例の観察. *耳鼻*, 36 : 86-89, 1990.
- 9) 稲木匠子, 丘村 熙, 森 敏裕 : 固形造影剤の試作とその嚥下動態. *耳鼻*, 36 : 82-85, 1990.
- 10) Davies, H.A., Evans, K.T., Butler, F., et al. : Diagnostic value of "bread-barium" swallow in patients with esophageal symptoms. *Dig. Dis. Sci.*, 28 : 1094-1100, 1983.
- 11) Jones, B., Kramer, S.S., and Donner, M.W. : Dynamic imaging of the pharynx. *Gastrointest. Radiol.*, 10 : 213-224, 1985.
- 12) Coster, S.T., Schwarz, B.S., and Schwarz, W. H. : Rheology and the swallow-safe bolus. *Dysphagia*, 1 : 113-118, 1987.
- 13) Ekberg, O., Liedberg, B., and Owall, B. : Barium and meat : A comparison between pharyngeal swallow of fluid and solid boluses. *Acta Radiologica Diagnosis*, 27 : 701-704, 1986.
- 14) Robbins, J.A., Sufit, R., Rosenbek, J., et al. : A modification of the modified barium swallow. *Dysphagia*, 2 : 83-86, 1987.
- 15) 鈴木康司, 土田みね子, 堀口利之 : 嚥下物の物性と嚥下量の変化(第1報). *耳鼻*, 43 : 673-679, 1997.
- 16) 鈴木康司, 土田みね子, 堀口利之 : 嚥下物の物性と嚥下量の変化(第2報). *日気食会報*, 48 : 178-179, 1997.
- 17) 鈴木康司, 堀口利之, 土田みね子 : 嚥下物の物性と嚥下量の変化(第3報). *耳鼻*, 44 : 292-296, 1988.
- 18) Adnerhill, I., Ekberg, O., and Groher, M.E. : Determining normal bolus size for thin liquids. *Dysphagia*, 4 : 1-3, 1989.
- 19) Lof, G.L., and Robbins, J. : Test-retest variability in normal swallowing. *Dysphagia*, 4 : 236-242, 1990.