

超音波によるヒトが嚥下した食品の咽頭部での流速比較

長門石 亮, 野口 修, 伊藤千枝子, 辻 宏明,
盛田明子*, 中沢文子*

(日清製油(株) 研究所, * 共立女子大学家政学部)

原稿受付平成 12 年 3 月 27 日; 原稿受理平成 13 年 2 月 2 日

Comparison of the Passage Velocity of Various Foods in the
Human Pharynx by Ultrasonic Measurement

Akira NAGATOISHI, Osamu NOGUCHI, Chieko ITOU, Hiroaki TSUJI,
Akiko MORITA* and Fumiko NAKAZAWA*

Research Laboratory, The Nisshin Oil Mills Ltd., Yokosuka 239-0832

** Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University, Hachioji 193-8501*

The passage velocity of various types of food in the pharynx when healthy individuals swallowed was measured by the ultrasonic pulse Doppler method in order to clarify the relationship between the rheological property of each type of food and the relative difficulty of aspiration.

The food types tested were divided into two categories; one comprised food that patients with dysphagia could aspirate easily (EA category) and the other comprised food that was more difficult to aspirate (DA category). The mean velocity (V_{MEAN}), maximum velocity (V_{MAX}), degree of velocity dispersion (spectrum area: SA), and the time for swallowing (ST) in the pharynx were compared between the two food categories.

As a result, V_{MEAN} and V_{MAX} values for each food in the DA category were significantly lower, while SA was significantly lower than each food in the EA category ($p < 0.01$). ST was 0.9–1.1 (s), but bore no relationship with the difficulty of aspiration. The food in the EA category was statistically distinguishable from that in the DA category by a cluster analysis.

The results show a close relationship between the passage velocity of food in the pharynx and the difficulty of aspiration to the trachea for the food.

(Received March 27, 2000; Accepted in revised form February 2, 2001)

Keywords: swallowing 嚥下, aspiration 誤嚥, velocity 流速, pharynx 咽頭, ultrasonic measurement 超音波計測, food 食品.

1. 緒 論

食品の機能と人間らしい食事のあり方を考えると、食品は口から食べることで初めて楽しみと栄養の両者を与え、口から食べるということは人間らしい生活の重要な要因の一つであると考えられる。しかし、食品を口から食べる楽しみを味わうことが困難な人たちがおり、そのなかでも飲みこむこと、すなわち嚥下に関する障害である嚥下障害が問題として取り上げられている¹⁾。

ヒトにおける食品の嚥下は Fig. 1 に示した複数の組織・器官の連携動作により嚥下運動として行われ、三

つの段階に分けて考えることができる。第 1 相は食品が口から咽頭までいく口腔相で食品が食塊となった後、舌尖は口蓋の前部に接し、食塊は舌と口蓋の間を後方におしすすめられる。第 2 相は食品が喉頭蓋を越えて食道に到達するまでの咽頭相で舌が食塊を咽頭部におしやり、軟口蓋は上方におし上げられ鼻咽腔を閉じる。舌骨及び喉頭は上方、前方に動き、喉頭蓋は下方に反転し気管への道を遮断する。食塊は喉頭蓋の直上を通過せず左右 2 手に分かれて通過して合流して食道に達する。その後、舌骨及び喉頭が下がると共に、喉頭蓋は再び反転して元の位置に戻る。鼻咽腔も閉鎖が解け

る。第3相は食品が食道を通過して胃に達するまでの食道相で食塊は食道の蠕動運動により胃へ向かう²⁾。

嚥下障害とは、舌、のどの構造そのものに障害があったり、神経、筋肉障害で嚥下運動がうまくいかない等の原因により、食品が飲みこめなかったり、気管の方へ誤嚥してしまったりする障害をいう³⁾。嚥下機能に障害を持つと、口から食べることが困難になり、食事の楽しさ、食品のおいしさを感じる事が難しくなるだけでなく、誤嚥による窒息や肺炎など危険で重大な問題となる¹⁾。

嚥下困難者が経口的に安全に摂食できるようにする為に外科的治療、リハビリテーション、食べさせ方や食品の物性の調整等が行われている。嚥下困難者のための食品の物性は咀嚼がしやすく、まとまりがあり、のどごしのよいものであり、嚥下困難者が誤嚥をしないような食事には、このような物性であるか又はそのように調製された食品が選択されている⁴⁾。

どのような物性を持つ食品なら嚥下困難者が安全に飲み込むことができるかについての研究は、粘度、硬さ等の物理的測定値などをもとに様々な方法⁵⁾⁶⁾で行われている。

また食品の物性と人の嚥下における食品の誤嚥しにくさとの関係を明らかにするためには、実際に嚥下している時の食品の情報が必要であるが、人の実際の嚥下における研究としてはX線によるビデオ撮影(VF検査)¹⁾⁴⁾が行われている。この場合には被験者のX線暴露の負担などの考慮が必要である。

同じく人の嚥下における研究として、比較的安全で取り扱いも容易な超音波を用いた試みがこの報告に先立って行われ、食品がどのように咽頭部を通過しているのかを数値で把握できることが明らかになっている⁷⁾。それによると一般的には体内の血流速度を測定するのに用いられている超音波診断装置のドップラモード⁸⁾を使用した超音波パルスドップラ法により、健常者が水、粥を咀嚼及び嚥下したときの器官の動き及び咽頭部での食品の流動速度、通過するのに要した時間を測定でき、速度は粥の水分含量により違うことが確かめられている⁷⁾。

そこで本研究では、嚥下困難者が誤嚥しやすいとされている食品(easy to aspirate category: EA)と誤嚥しにくいとされている食品(more difficult to aspirate category: DA)を文献³⁾⁴⁾を参考に選定し、これらの食品について健常者が嚥下したときの咽頭部での流動速度、通過時間を超音波パルスドップラ法で測定

し、誤嚥しにくい食品は誤嚥しやすい食品に比べて測定値にどのような違いがあるのかを調べた。

2. 実験方法

超音波診断では超音波が体内を伝搬すると物性の差異がある個所で反射波(エコー)を生じるという性質を利用し、超音波を送受信しながら走査して体内情報を得る。次に示すとおり反射波の解析方法(モード)によって得られる情報が違う⁹⁾。

Bモードは反射波の強さを明暗で表現して体内の断面画像として表示するものである。

ドップラモードはドップラ効果を応用し、送信した超音波が血液などの動いているものに当たったために変化した波長を識別して流速を定量的に測定するものである。ドップラモードには連続波ドップラ法及びパルスドップラ法があり、パルスドップラ法には任意のポイントの流速が測定できる特徴がある。食道を通る食品という特定ポイントでの測定が必要な場合は、パルスドップラ法が有効である。

カラードップラモードは、Bモード画像上にドップラ効果による波長変化量に応じて異なる色で彩色し、流動体の速度分布を視覚的に表示するモードである⁹⁾。

本研究では嚥下した食品の速度をパルスドップラ法で測定した。また、プローブの当てる位置を特定するのにBモード、カラードップラモードも使用した。

(1) 測定方法

1) 使用機器 (Fig. 2にシステムを示す)

超音波診断装置: SSA-340 A 東芝メディカル社製、
リニアスキャンプローブ: PLF-805 ST, 測定モード: ドップラモード (パルスドップラ法), 超音波周波数: 6 MHz, パルスの周波数: 12 kHz, 流速測定範囲: -2.68~2.68 (m/s) 誤差 2%未満。

2) 食品の流れに対する超音波の角度 (θ)

70°。

3) 測定部位

喉頭蓋下部 (Fig. 1 参照)。

4) 被験者が嚥下する時の姿勢

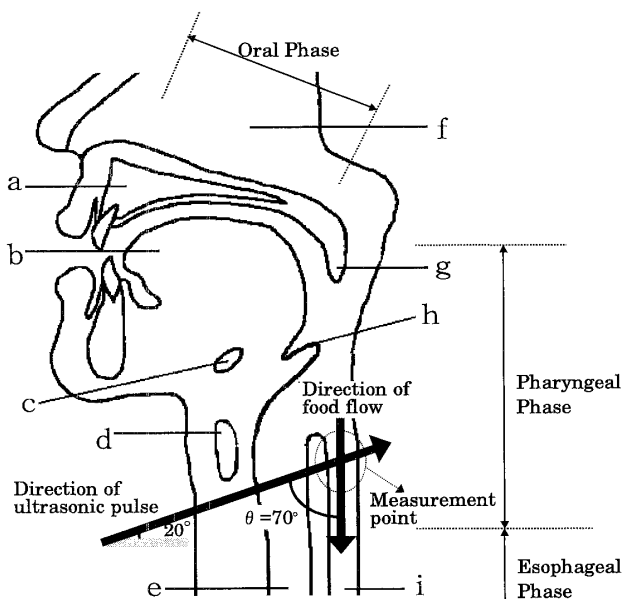
被験者は椅子に腰掛け、背筋を垂直に合わせた。

5) プローブの当て方

先行文献では正面から水平に対して上向き 60° の角度で当てた⁷⁾が、今回のように被験者が男性の場合には甲状軟骨の動きが測定を妨害してしまうので再検討した。

プローブは Fig. 3 のように水平に対して上向き

超音波によるヒトが嚥下した食品の咽頭部での流速比較

Fig. 1. The three phases of normal swallowing^{1) 4) 10)}

The measurement point, direction of ultrasonic pulse, and food flow are indicated. (a) Hard palate, (b) tongue, (c) hyoid bone, (d) thyroid cartilage, (e) trachea, (f) nasal cavity, (g) soft palate, (h) epiglottis, (i) esophagus.

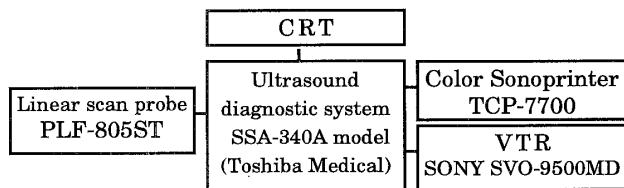


Fig. 2. Measurement system

20°の角度になるように正確に固定し、鎖骨の上ののせた。左右方向は正面より概ね30°の角度で被験者からみて右斜めから当て、正確にはFig. 5, 6のようにカラードップラ表示されたBモード画面で右上部が頸動脈、左上部が気管、中央下部が食道になる位置に固定した(各組織・気管の位置関係はFig. 4を参照)。

また、Bモード画面上での測定位置を決めるサンプリングゲートは食道を示す位置に合わせた。

(2) 測定項目 (Fig. 7 参照)

パルスドップラ法で測定するとFig. 8に示した流速スペクトルが得られる。この流速スペクトルは縦軸が速度、横軸が経過時間を示し、輝度(brightness, 明るさ)は粒子の数を表した速度分布図である。つまり流速スペクトルには時間、速度及び輝度(粒子数)の三つの情報が含まれているので、Fig. 7のように表すことができる。Fig. 7-Aは速度と時間を、Fig. 7-Bは

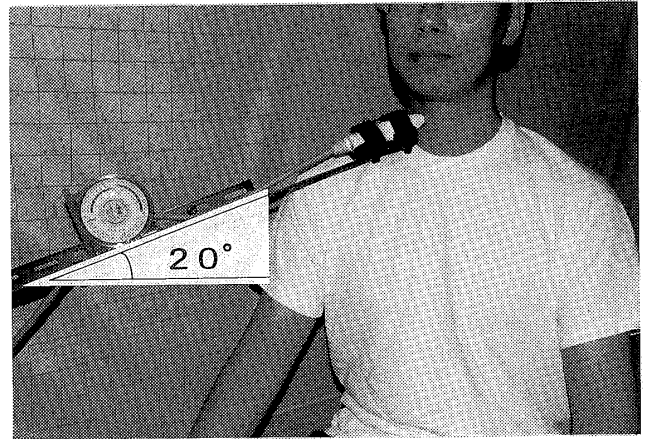


Fig. 3. View of the experiment

The probe was set at an upward angle of 20° against the neck. It was positioned against the upper part of the collarbone, and its right and left positions were set in accordance with the B mode figure.

ある瞬間での速度と輝度をそれぞれ示している。

Fig. 7-Bの“mode”(最頻値)は最大の輝度(粒子数)を示す速度, “mean”(平均値)は粒子数の頻度分布を考慮した速度の平均値, さらには“mode”の速度の時の輝度から速い速度側に輝度が-12 dB(約75%暗くなった)の流速を“-12 dB”値と定義した。

Fig. 7-Aの“a”は各時間の“mean”を結んだ線, “b”は各時間の“-12 dB”を結んだ線, “c”は目視で確認でき汎用プログラム NIH Image ver 1.60においてLUT 1~245の明るさの範囲で規定される流速スペクトルの輪郭である。また“S₁”は“a”で囲まれる部分の面積, “S₂”は“c”で囲まれる部分の面積, “t”は“c”の始まりから終わりまでの横軸の長さが示す時間とそれぞれ定義した。

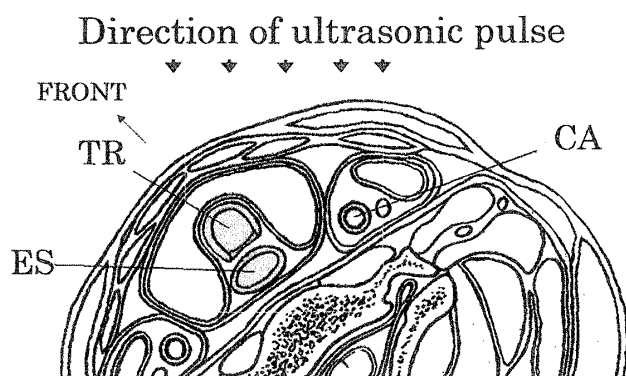
ところで実際の流速スペクトルは縦軸の正の部分だけでなく負の部分にも速度分布が見られる。今回の測定条件で得られた流速スペクトルの正方向は上から下への流れの速度を、負方向はその逆を示しているの、嚥下した食品の速度分布は正の部分である。従って下記に示す測定項目はすべて流速スペクトルの正の部分からコンピュータで算出した。

尚、流速スペクトルの下部については食品が散乱しながら咽頭部を通過するのではないかと想像できるが定かではない。

下記に測定項目を示す (Fig. 7 参照)。

1) 平均速度 (V_{MEAN} , m/s) = S_1/t

「嚥下した食品が喉頭蓋下部を通過する時の平均速

Fig. 4. Cross section of the cervix¹¹⁾

TR, trachea; ES, esophagus; CA, carotid artery. The region marked in yellow is used in Figs. 5 and 6.

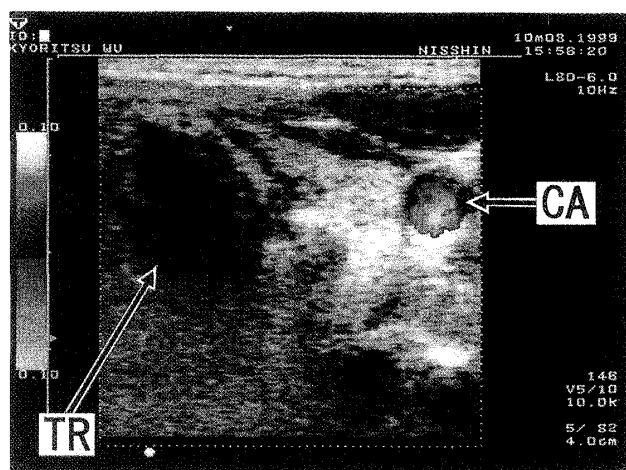


Fig. 5. Colored image taken by the ultrasonic pulse Doppler method in the measurement region during deep breathing

TR, trachea; CA, carotid artery.

度」を示す。

2) 最高速度 (V_{MAX} , m/s): -12 dB 値の最高値「嚥下した食品が喉頭蓋下部を通過する時の最高速度」の指標とする。

3) スペクトル面積 (SA) = S_2

S_2 は該当部分のピクセル数をカウントして得られた面積の大きさを表す数値だが、流速スペクトルは、“c”の内側すべての部分に粒子が分布している（中抜けがない）ので、速度のバラツキの指標として使用できると考えられる。すなわち、「嚥下した食品が喉頭蓋下部を通過する時の速度のバラツキ度合い」を示す。

4) 嚥下時間 (ST) = t

「嚥下した食品の喉頭蓋下部を通過するのに要した

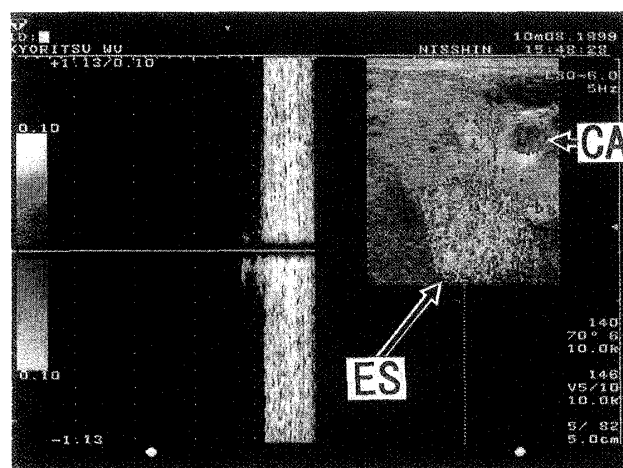


Fig. 6. Colored image taken by the ultrasonic pulse Doppler method in the measurement region and the velocity spectrum when swallowing oolong tea

ES, esophagus; CA, carotid artery.

時間」を示す。

(3) 食品の選定と摂取方法

水、お茶などのサラサラした液体やキザミ食、硬めの寒天ゲルなどは、食塊が形成しにくく誤嚥しやすいと言われている。これに対しヨーグルト、プリン、軟らかく調製したゼラチンゼリー、及び増粘剤等でトロミをつけた液体等は咀嚼しやすく、まとまりがあり、のどごしのよい食品なので誤嚥しにくいと言われている³⁾⁴⁾。

Table 1 に評価した食品とその摂取方法を示した。誤嚥しやすい食品としてウーロン茶と硬めの寒天ゲルを選択した。ウーロン茶は嚥下困難者が最も誤嚥しやすいとされる水などの代表として選択した。寒天ゲルは添加量 0.8%の硬めのゲルを調製して、スプーンで潰した状態で飲み込んだ。

誤嚥しにくい食品として、ゼラチンゲル、プリン、増粘剤液、ヨーグルト、粥を選択した。ゼラチンゲルは添加量 2%の軟らかめのゲルを調製して、寒天ゲルと同様の方法で飲み込んだ。増粘剤液は添加量 3%でカスタードクリーム状にトロミをつけて、そのまま飲み込んだ。

全粥及び五分粥は咀嚼をして、ある程度食塊形成してから飲み込んだ。その他は Table 1 に示した通りに飲み込んだ。

(4) 測定及びデータ処理

被験者は健康男性 2 名で Table 2 に体格の詳細を示

超音波によるヒトが嚥下した食品の咽頭部での流速比較

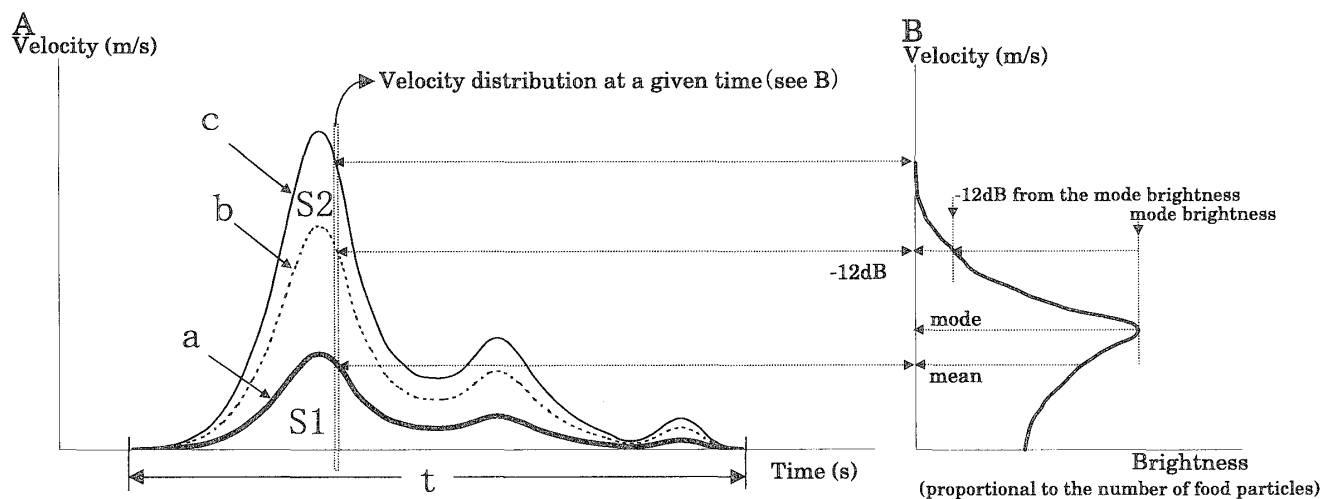


Fig. 7. Relationship between the velocity, time and brightness in the velocity spectrum

A: Relationship between time and velocity. B: Velocity distribution (brightness-velocity relationship) at a given time. B shows three kinds of values for the velocity distribution at the given time in A: average value (mean), mode value (mode) and -12 dB intensive value (-12 dB). a: line connecting "mean" at each time; b: line connecting " -12 dB" at each time; c: outline of the velocity spectrum; S_1 : area under line "a," S_2 : area under line "c," t : time from the start of line "c" to the end.

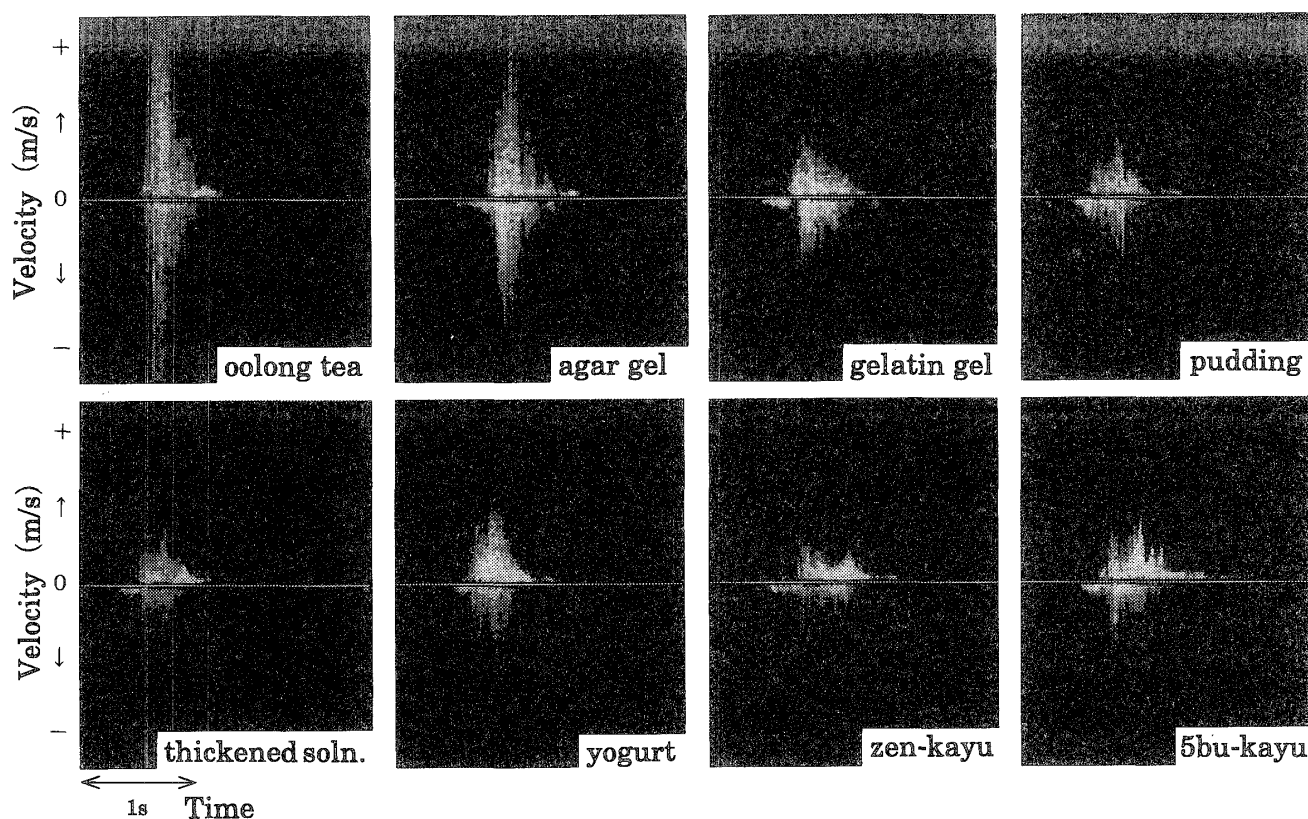


Fig. 8. Examples of the velocity spectrum for each sample swallowed by the same subject

The vertical axis indicates the velocity (m/s) and the horizontal axis indicates the time (s).

した。

測定は1食品あたり15回測定を1セットとして、

1人2セット、2人で合計4セット行った。1セットの測定はまとめて行い、食品の提供順序は特に規定し

Table 1. Food samples measured by the ultrasonic pulse Doppler method

Category	Sample	Treatment before swallowing	Referance value by usual methods
Easy to aspirate (EA)	Oolong tea	none	—
	Agr gel (hard)* ¹	crushed by spoon	$5.8 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$ * ⁶
	Gelatin gel (soft)* ²	crushed by spoon	$4.2 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$ * ⁶
More difficult to aspirate (DA)	Pudding	mashed by tongue (5 times)	$1.6 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$ * ⁶
	Thickened soln. (3%)* ³	none	$9.0 \times 10^{-3} \text{ mPa} \cdot \text{s}$ * ⁷
	Yogurt	none	$5.9 \times 10^{-3} \text{ mPa} \cdot \text{s}$ * ⁸
	Zen-kayu* ⁴	chewed by teeth (10 times)	$5.5 \times 10^{-5} \text{ mPa} \cdot \text{s}$ * ⁹
	5 bu-kayu* ⁵	chewed by teeth (10 times)	$1.9 \times 10^{-5} \text{ mPa} \cdot \text{s}$ * ⁹

*¹ Jellied tea 0.8% agar, *² jellied tea 2% gelatin, *³ oolong tea with added thickener (3%), *⁴ rice:water=1:6, *⁵ rice:water=1:8, *⁶ jelly strength (reometer: 15 mm ϕ , 6 cm/min, 15°C), *⁷ viscosity (BM type, No.4, 30 rpm, 25°C), *⁸ viscosity (BM type, No. 3, 12 rpm, 15°C), *⁹ viscosity (BH type, No. 7, 4 rpm, 30°C).

Table 2. Physical features of the subjects

Initials	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Circumference of the neck (cm)
A.N.	male	34	178	80	39
O.N.	male	27	176	70	39

なかった。各食品の測定値は1回10gの試料を飲み込んだ時の流速スペクトルから求めた。また、測定値の比較の為に最も誤嚥しやすい食品の代表としたウーロン茶の各人の平均値との比を算出した。検定はF検定による分散分析後、Studentのt検定で検定した。また、クラスター分析はEXCEL統計ver 3.0（エスミ株）で行い、原データの距離計算は原データのユークリッド距離、合併後の距離計算はワード法に設定した。

3. 結果及び考察

(1) Bモード画像（カラー Doppler 表示）による嚥下した食品の位置

Fig. 5は測定方法通りにプローブを当てて深呼吸しているときの画像で、頸動脈（CA）、気管（TR）が確認できた（Fig. 4参照）。Fig. 6はウーロン茶を飲み込んだ時の画像で右にBモード（カラー Doppler 表示）、左に流速スペクトルを同時に示している（サンプリングゲートは食道の位置）。Fig. 6右図の食道（ES）の位置にウーロン茶の流れを示す表示と同時に流速スペクトルが得られることが確認できた。この結

果によりプローブの当て方等の条件が設定された。

(2) 最高速度及び平均速度の実測値

食品の実際の速度： V 、超音波の方向の速度成分： V_{θ} 及び食品の流れに対する超音波の角度： θ とすると、 $V = V_{\theta} / \cos \theta$ で求められる。

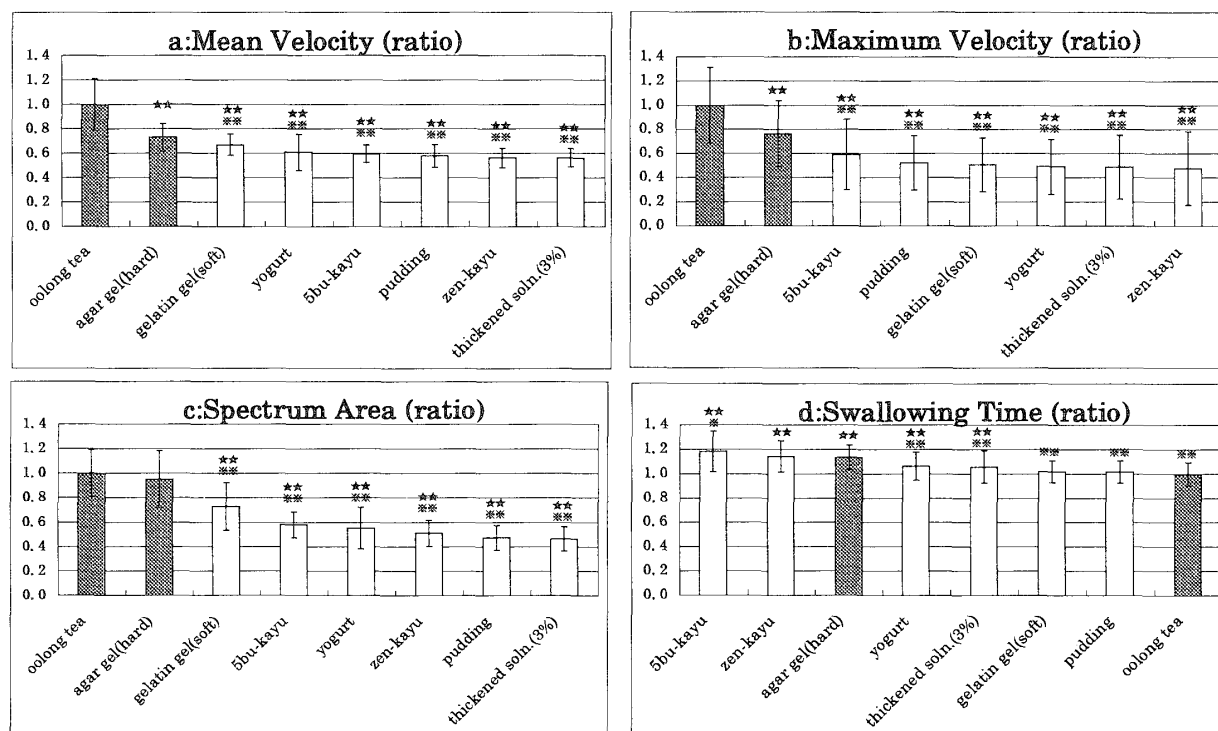
パルス Doppler 法では V_{θ} を測定しており、実際の速度 V は θ より算出している。今回の条件 $\theta = 70^\circ$ のように θ が 90° に近いほど角度の誤差の与える V への影響は大きくなる。従って、実際の速度 V を正確に求めるには、 θ を実測することや θ が小さい条件で測定するなど、より多くの研究が必要と考えられる。

今回は食品の流れが垂直と仮定し、プローブ角度が水平に対し 20° であることから θ を算出したが、実際に θ が咽頭部を流れている食品の方向に対して 70° だったかは確認ができていない。従って実際の速度 V で考察することは好ましくないと考えた。

しかし、 $\cos \theta$ が常に一定で測定が行われたので速度を比較することはできる。そこで結果の集計と考察は比較値で行うことにした。

また、今回使用した超音波診断装置は最も高い輝度から認識できる最も大きな輝度減少率が -12 dB の

超音波によるヒトが嚥下した食品の咽頭部での流速比較

Fig. 9. Ratio of the measured value obtained for each food sample to that of oolong tea ($n=60$)

** $p<0.01$ (vs. oolong tea). * $p<0.05$, *** $p<0.01$ (vs. agar gel (hard)).

で、最高速度の指標とする数値を求める時には、ある瞬間毎の最も高い輝度から -12 dBの輝度を持つ速度(-12 dB値)をもとに計算した (Fig. 7 参照)。

(3) 各食品の流速スペクトルの比較

同一食品でも流速スペクトルの形は測定毎にバラツキが見られたので代表例として Fig. 8 に各食品の測定で得られた流速スペクトルを配列した。この図から食品による流速スペクトルの違いを視覚的に把握することができる。尚、バラツキを考慮し、食品毎の測定回数 60 回の平均をもとにした考察は後の 3-(4) に述べる。

Fig. 8 によれば、誤嚥しやすい食品の流速スペクトルは高さが高く、波形は中抜けがなく大きく広がっており、それに対し誤嚥しにくい食品は、高さが低く波形の面積も小さくなっている様子がわかる。このように流速スペクトルを比べるとウーロン茶等の誤嚥しやすい食品は速い速度で、かつ、様々な速度が散らばって存在しながら咽頭部を通過しており、一方誤嚥しにくい食品はウーロン茶と比較すると遅くまとまった速度で通過している様子を示していた。

(4) 平均速度、最高速度、スペクトル面積及び嚥下時間の比較

Fig. 9 に各食品の平均速度、最高速度、スペクトル

面積及び嚥下時間をグラフに示した。尚、比較のために最も誤嚥しやすい食品の代表としたウーロン茶との比で、また標準偏差は Fig. 9 中にバーで示した。

平均速度や最高速度は誤嚥しにくい各食品が誤嚥しやすいウーロン茶及び寒天ゲルに比べそれぞれ有意に遅い ($p<0.01$) ことがわかった。スペクトル面積も同様に、誤嚥しにくい各食品は有意に小さく、食品がまとまった速度で咽頭部を通過している様子を示していた。

このように誤嚥しにくい食品は誤嚥しやすい食品より有意に平均速度、最高速度が遅く、スペクトル面積が小さいので、咽頭部を遅くまとまった速度で通過することを数値的に表していると思われる。この結果は食品の咽頭部での流動速度と誤嚥しにくさには密接な関係があることを示している。

また、各食品の嚥下時間は $0.9\sim 1.1$ (s) だったが、食品の誤嚥しにくさとの関係は認められなかった。

(5) クラスタ分析による分類

これらの測定値を用いてクラスタ分析による分類を試みた。Fig. 10 の通り、誤嚥しやすい食品と誤嚥しにくい食品とに区別され、異なるカテゴリーに分類されることが統計的に証明された。

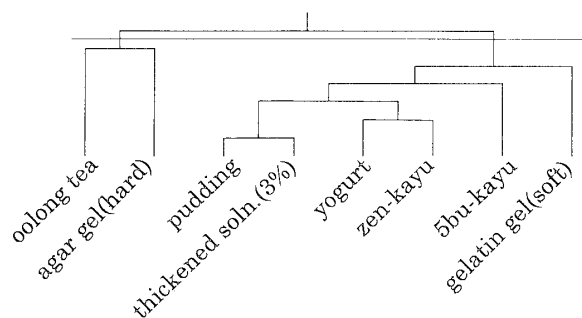


Fig. 10. Result of the cluster analysis

The foods in the EA category (oolong tea and agar gel (hard)) were statistically distinguished from the foods in the DA category by cluster analysis using 4 parameters (ratio of V_{MEAN} , V_{MAX} , SA and ST).

(6) 今後の方針

このようにパルスドップラ法により、咽頭部における嚥下した食品の速度、速度のバラツキ度合い、嚥下時間が測定できることがわかったので、従来の測定法で得られた食品の物性との関係を数値で検討できると考えられる。また今回の検討で、嚥下困難者が誤嚥しにくい物性をもつ食品は誤嚥しやすい物性をもつ食品に比べ、遅くまとまった速度で咽頭部を通過することがわかり、クラスター分析によっても誤嚥しにくさの違いを区別できたことを考えると、もっと多く検討を行いデータを解析することにより、将来この方法で測定した値によってその食品の嚥下困難者に対する誤嚥の危険性（又は安全性）が推測でき、嚥下困難者にとって好ましい物性を持つ食品の評価法となるのではないかと期待している。

4. まとめ

食品の物性と、人の嚥下における食品の誤嚥しにくさとの関係を明らかにし、嚥下困難者がどのような物性を持つ食品なら誤嚥がなくなるかを研究するために、健常者が嚥下した時における咽頭部での食品の流動速度を測定した。

測定は嚥下困難者が誤嚥しやすいといわれる食品（2種類）と誤嚥しにくいといわれる食品（6種類）について行った。

(1) 超音波診断装置のパルスドップラ法で嚥下した食品が喉頭蓋下部を通過するときの平均速度、最高速度、速度のバラツキ度合い（スペクトル面積）及び食

品が喉頭蓋下部を通過するのに要した時間（嚥下時間）を測定することができた。

(2) 嚥下困難者が誤嚥しにくい各食品の平均速度、最高速度は誤嚥しやすい各食品より有意に遅く、スペクトル面積も有意に小さかった ($p < 0.01$)。すなわち、誤嚥しにくい食品は比較的遅くまとまった速度で咽頭部を通過することが示された。

(3) 嚥下時間は0.9~1.1 (s) だったが、食品の誤嚥しにくさとの関係は認められなかった。

(4) クラスター分析により誤嚥しやすい食品と誤嚥しにくい食品は有意に区別された。

(5) 食品の咽頭部での流動速度と食品の誤嚥しにくさには密接な関係があることが示された。

この研究は科学技術振興調整費の助成により行われた。農林水産省食品総合研究所による援助に感謝いたします。

引用文献

- 1) Groher, M. E.:『嚥下障害 その病態とリハビリテーション原著第2版』（藤島一郎監訳）、医歯薬出版、東京、1-66 (1996)
- 2) 河村洋次郎：『口腔生理学』、永末書店、東京、250-258 (1982)
- 3) 藤島一郎、清水一男：『口から食べる 嚥下障害 Q & A』、中央法規、東京、12 (1995)
- 4) 才藤栄一、向井美恵、半田幸代、藤島一郎（編）：『摂食・嚥下リハビリテーションマニュアル』、医学書院、東京、11-17, 39-43, 68-72 (1996)
- 5) 高橋智子、丸山彰子、大越ひろ：嚥下補助食品としての増粘剤の利便性について、栄養誌、**55** (5)、253-262 (1997)
- 6) 河原和枝、畑岡幹枝、山口知夏：嚥下補助食品（増粘剤）の粘度に及ぼす諸因子に関する検討、JJPEN、**19** (10)、993-1000 (1997)
- 7) 中沢文子、大野真由子、盛田明子、高橋淳子：嚥下した飯・かゆ・水の超音波による咽頭部の流速比較、家政誌、**51** (11)、1067-1071 (2000)
- 8) 大川井宏明：『超音波観察法・診断法』、東洋出版、東京、123 (1997)
- 9) 長井 裕、伊藤紘一：『絵で見る超音波』、南江堂、東京、2-9, 87-93 (1994)
- 10) 岡村 熙：『嚥下のしくみと臨床』、金原出版、東京、15 (1993)
- 11) Moore, K. L., and Agur, A. M. R.:『ムーア臨床解剖学』、(坂井建雄訳)、医学書院 MYW、東京 (1997)