

ビデオ内視鏡を用いた咀嚼の食塊形成機能評価

阿部里紗子, 古屋 純一

岩手医科大学歯学部歯科補綴学講座有床義歯補綴学分野

(主任: 鈴木 哲也 教授)

(受付: 2010年11月8日)

(受理: 2010年12月13日)

歯科補綴学の分野で従来行われてきた咀嚼機能評価の多くは、咀嚼後の試料を口腔外に取り出して評価するため、咀嚼・嚥下という一連の運動としての評価は困難であった。本研究では、摂食・嚥下障害の分野で咽頭期嚥下の評価に用いられる嚥下内視鏡検査を応用し、咀嚼・嚥下の一連の運動中に、ビデオ内視鏡を用いて食塊を直接観察し、咀嚼機能を食塊形成の点から評価することを試みた。

対象は健常有歯顎者 10 名とした。被験食品は白色と緑色の 2 色米飯および 2 色ういろうとし、咀嚼回数を 10, 15, 20, 30 回と規定して摂食させた。経鼻的に挿入したビデオ内視鏡にて、摂食中の中咽頭内の食塊を静止画にて観察し、その際、食塊の粉碎度を粉碎度、まとまり度を集合度、緑色と白色の混合度を混和度とし、0, 1, 2 の 3 段階の定性的評価を行った。また、1 回の嚥下ごとに飲み込みやすさに関する主観的評価を視覚的アナログ尺度 (Visual analogue scale: VAS) を用いて行った。

米飯およびういろう摂食時において、集合度には咀嚼回数との相関は認めず、常に高い値を示した。粉碎度と混和度については、咀嚼回数の増加に伴って、高い値を示し、有意な高い正の相関が認められた ($p < 0.01$)。また、嚥下の容易さについての VAS 値と、咀嚼回数、粉碎度、混和度との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$)。

以上より、これまで咽頭期の嚥下機能評価に限定されていたビデオ内視鏡が咀嚼機能評価にも十分に適用可能であることが明らかになった。また、咀嚼を十分行うことにより、形成される食塊の粉碎度や混和度が調節され、円滑な嚥下の遂行につながることを示された。

結 言

摂食・嚥下障害^{1~3)}は、誤嚥性肺炎や窒息、低栄養、脱水を惹起するだけでなく、食べる楽

しみの喪失にも通じることから、超高齢社会を迎えた現在において非常に重要な問題である。Leopold ら⁴⁾によって、摂食・嚥下の一連の過程が 5 期 (認知期, 準備期, 口腔期, 咽頭期, 食

Evaluation of bolus formation in masticatory function by using videoendoscopy

Risako ABE, Junichi FURUYA

(Chief: Prof. Tetsuya SUZUKI)

Division of Removable Prosthodontics, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University

1-3-27, Chuo-dori, Morioka, Iwate, 020-8505, Japan

道期)に分類されて以来, 摂食・嚥下機能に関する研究は, 液体の命令嚥下を対象として, 口腔期と咽頭期にその焦点が当てられていた. しかし, 近年, 咀嚼を要する固形物の摂食時には, Stage 2 transport が生じ, 咀嚼による食塊形成は口腔と中咽頭で行われることが明らかとなった^{5, 6)}. すなわち, 咀嚼された食物の一部は, ある程度まで粉碎されると舌によって能動的に中咽頭へと輸送される (Stage 2 transport) が, その後もすぐに嚥下反射は生じず, 咀嚼が継続される. その後, 食塊形成が口腔と中咽頭にて継続された後に, 嚥下反射が惹起され, 口腔と中咽頭の食塊がまとまって嚥下されることが明らかになった. 液体嚥下時と異なるこの咀嚼・嚥下のメカニズムについては, 摂食・嚥下リハビリテーションの分野を中心に, 食品摂取から嚥下に至る全過程の観察が可能な嚥下造影検査 (Videofluoroscopic examination of swallowing : VF)⁷⁾を用いた研究が行われてきた. 嚥下反射前に咽頭内で食塊形成が生じる現象は, chew-swallow complex^{8~11)}と呼ばれ, 重力ではなく咀嚼に依存し, 食べることが丸飲み嚥下に比較して難易度が高いことが明らかになっている. また, 誤嚥の原因の多くが準備期・口腔期にあること¹²⁾や, 固形物の咀嚼が不十分な状態で嚥下されると, 咽頭クリアランスが不良で窒息のリスクが高まること⁸⁾が報告されている. このように, 安全な嚥下の遂行という観点から, 準備期障害の診断や治療が摂食・嚥下リハビリテーションを行う上では必要不可欠であり, 嚥下という側面から咀嚼機能を評価する重要性が高まっている.

歯科補綴学の分野では, 篩分法に代表されるような咀嚼機能に関する研究^{13~17)}がこれまでも行われてきたが, 嚥下機能^{18~21)}と包括的に評価した研究はほとんどみられない. 咀嚼は, 食物を切断, 粉碎し, 唾液との混和を行いながら食塊を形成して, 嚥下動作を開始するまでの一連の能力²²⁾と定義される. しかし, 従来の評価方法の多くは, 咀嚼後の試料を嚥下前に口腔外に取り出して評価しており, 嚥下との関連性が低

く, 口から食べる (咀嚼し, 嚥下する) 機能という意味においては, chew-swallow complex の観点から, いくつかの問題が考えられる. そこで本研究では, 今後増加する在宅歯科医療でも実施可能な嚥下ビデオ内視鏡検査 (Videoendoscopic examination of swallowing : VE)²³⁾を応用し, ビデオ内視鏡を用いた咀嚼機能評価の構築を目的とした. 咀嚼によって形成された嚥下直前の食塊を直接的に観察できるというビデオ内視鏡の利点を生かし, 咀嚼回数を段階的に規定した時の食塊形成機能の変化を定性的に検討した. また, 飲み込みやすさに関する評価を視覚的アナログ尺度 (Visual analogue scale : VAS) を用いて行い, 咀嚼による食塊形成と嚥下の関連性を検討した.

方 法

1. 被験者

摂食・嚥下障害の既往およびそれを疑う臨床的所見がない個性正常咬合を有する健常有歯顎者 10 名 (男性 5 名, 女性 5 名, 平均年齢 27.1 ± 1.7 歳) が研究に参加した. なお, 本研究は岩手医科大学歯学部倫理委員会の承認 (承認第 01099 号) を得た後, 被験者全員から文書で同意を得て行った.

2. 被験食品

予備実験の結果を参考に, 咀嚼による食塊形成が良好に観察できるよう, 緑色と白色の 2 色米飯と 2 色ういろをサンドイッチ状に成形

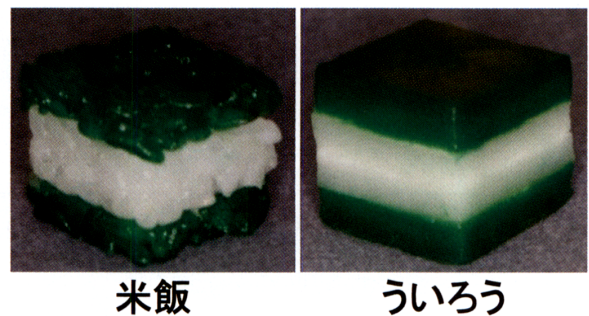


図 1 被験食品

左: 2 色米飯. 右: 2 色ういろ. 大きさは約 2 × 2 × 2 cm の立方体とし, 重量は約 12 g とした.

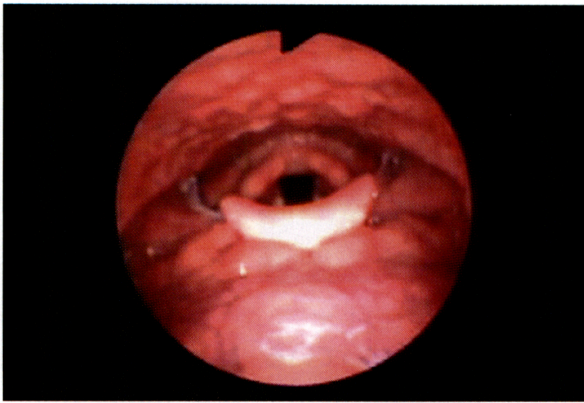


図2 内視鏡による中咽頭の観察
内視鏡を経鼻的に挿入し、軟口蓋上から中咽頭全体が観察できる位置で、可及的に位置が動かないよう固定した。

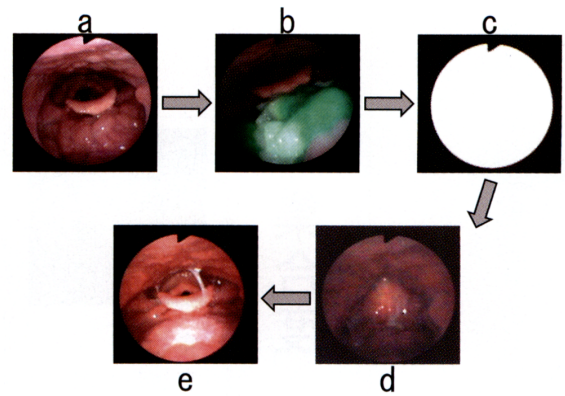


図3 画像選択
a 安静時, b 咀嚼された食塊, c ホワイトアウト, d 嚥下反射終了直後の喉頭蓋が反転した状態, e 喉頭蓋の復位。ホワイトアウト前の1秒間から食塊の静止画像を1枚選択した。

	0点	1点	2点
集合度	— 食塊にまとまりがない	 複数の塊にまとまっている	 一塊としてまとまっている
粉碎度	 大部分が粉碎されていない	 大部分が粉碎されている	 全体が粉碎されている
混和度	 白色と緑色がほとんど混ざっていない	 白色と緑色があまり混ざっていない	 白色と緑色がよく混ざっている

表1 米飯咀嚼時の食塊の評価基準

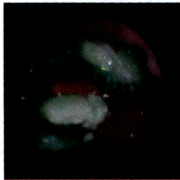
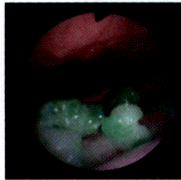
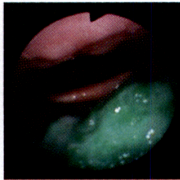
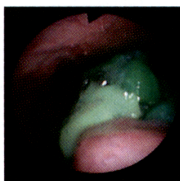
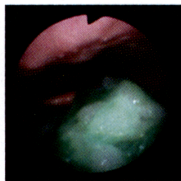
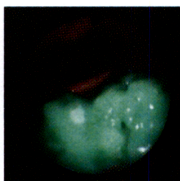

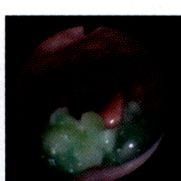
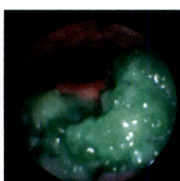
	0点	1点	2点
集合度	 食塊にまとまりがない	 複数の塊にまとまっている	 一塊としてまとまっている
粉碎度	 大部分が粉碎されていない	 大部分が粉碎されている	 全体が粉碎されている
混和度	 白色と緑色がほとんど混ざっていない	 白色と緑色があまり混ざっていない	 白色と緑色がよく混ざっている

表2 ういろう咀嚼時の食塊の評価基準

し、被験食品とした(図1)。大きさは $2 \times 2 \times 2$ cmの立方体とし、重量は12gとした。緑色の米飯は、市販の着色剤(食用色素製剤、共立食品)を入れた水を約1時間吸水させた後に、通法通り炊飯して作成した。ういろうは、上新粉、片栗粉、砂糖、牛乳を用いて通法通り作成した。緑色ういろうは、同様の着色剤にて着色した。

3. 内視鏡を用いた咀嚼機能評価

被験者の姿勢は90度座位とし、床とフランクフルト平面が平行になるよう頭位をヘッドレストにて調整した。内視鏡のシステムは、鼻咽腔ファイバースコープ(ENF TYPE P4, OLYMPUS)、ビデオシステム(OTV-SI, OLYMPUS)、録画装置(GV-HD700, SONY)、

マイクロホン(ECM-S80, SONY)、マイクロホンミキサー(AT-PMX5P, audio-technica)、カラービデオモニター(LMD-1410, SONY)の構成とした。内視鏡は通法²³⁾に従って、経鼻的に挿入し、舌根部と咽頭部が確認でき、中咽頭全体が観察可能(図2)な位置で可及的に固定した。被験食品を患者の舌で保持させ、実験者の合図によって摂食させた。実験条件は、咀嚼回数を10, 15, 20, 30回に規定して摂食させる4条件とした。実験は無作為に3回ずつ行い、咀嚼側は自由とした。Stage 2 transport^{5, 6)}によって喉頭蓋谷に移送された嚥下される直前の食塊を観察し、30フレーム毎秒にてVEの動画を記録した。

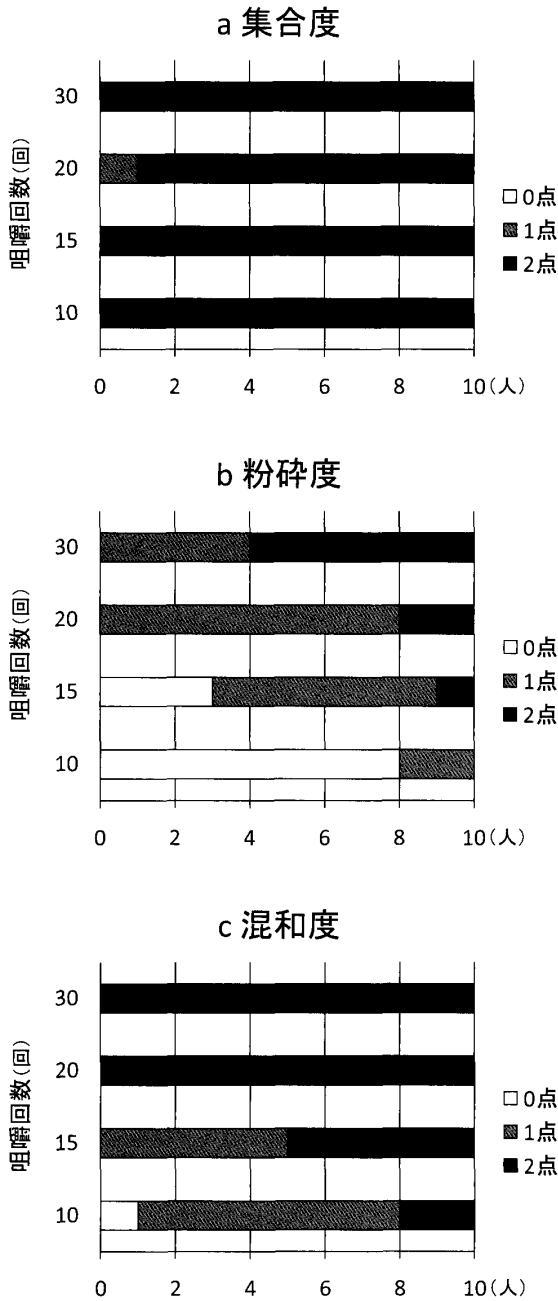


図4 米飯咀嚼時の咀嚼回数と評価項目の変化
 a 集合度, b 粉砕度, c 混和度
 集合度は咀嚼回数に関わらず高い値を示し, 粉砕度および混和度は咀嚼回数の増加に伴って, 高い値を示す割合が増加した.

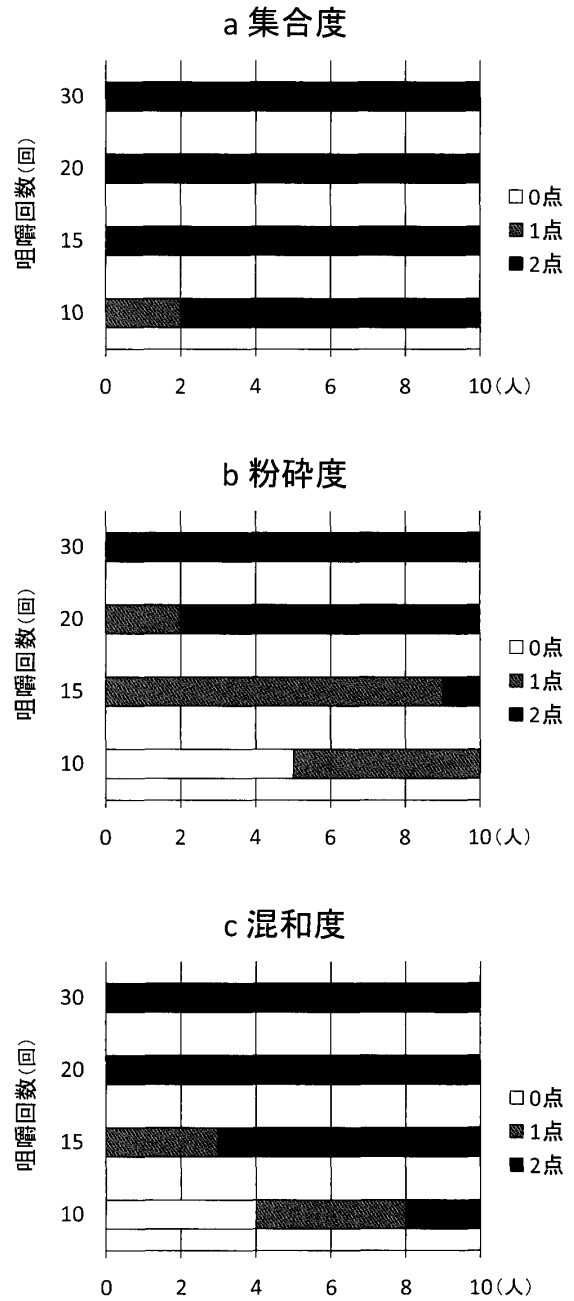


図5 ういろろ咀嚼時の咀嚼回数と評価項目の変化
 a 集合度, b 粉砕度, c 混和度
 集合度は咀嚼回数に関わらず高い値を示し, 粉砕度および混和度は咀嚼回数の増加に伴って, 高い値を示す割合が増加した.

得られた動画をビデオ編集ソフトウェア (Ulead Video Studio 11 Plus, COREL) を用いて PC に取り込み, 嚥下反射とほぼ同時に生じるホワイトアウト²⁴⁾ 前 1 秒間の映像から咀嚼による食塊を良好に観察できる典型的な静止画像を 1 枚抽出した (図 3). 抽出した静止画像につ

いて, 食塊のまとまり程度を表す「集合度」, 緑色と白色の 2 色の混合程度を表す「混和度」, 食塊の粉砕程度を表す「粉砕度」を評価した. 評価は, 佐々生ら²⁵⁾ の方法に準じて, 0 点, 1 点, 2 点の 3 段階で定性的評価を行ない, 各条件における 3 回の結果から中央値を選択し, 代表値

とした (表 1, 2).

4. VAS による評価

食塊形成と嚥下機能の関連を評価するため、飲み込みやすさに関する主観的評価を VAS によって行った。VAS は 100 mm の横線とし、左端を「飲み込みにくい」(0)、右端を「飲み込みやすい」(100) として、1 回の摂食ごとに被験者に記入させた。

5. 統計学的手法

統計学的解析には統計ソフト (SPSS Statistics 17.0, SPSS Japan) を使用した。咀嚼回数、集合度、粉碎度、混和度、VAS 値の相関関係は Spearman の順位相関係数を用いて検討した。各条件における食品間の VAS 値の差については Paired t-test を行った。なお、有意水準はすべて 5% とした。

	咀嚼回数	VAS 値	集合度	粉碎度	混和度
咀嚼回数		0.31*	-0.72	0.73**	0.69**
VAS 値	0.31*		-0.062	0.31*	0.39*

表 3 米飯咀嚼時の咀嚼回数および VAS 値と各評価項目との相関係数

咀嚼回数と粉碎度および混和度との間に有意な高い正の相関が認められた。VAS 値と集合度以外の項目との間に有意な正の相関が認められた。(Spearman の順位相関係数。* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

	咀嚼回数	VAS 値	集合度	粉碎度	混和度
咀嚼回数		0.51**	0.31	0.86**	0.68**
VAS 値	0.51**		0.18	0.52**	0.37*

表 4 ういろ咀嚼時の咀嚼回数および VAS 値と各評価項目との相関係数

咀嚼回数と粉碎度および混和度との間に有意な高い正の相関が認められた。VAS 値と集合度以外の項目との間に有意な正の相関が認められた。(Spearman の順位相関係数。* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

結 果

1. 米飯摂食時の咀嚼機能評価

集合度については、咀嚼回数を 20 回規定時に 1 人が 1 点であったが、他はすべて 2 点であった (図 4-a)。粉碎度および混和度については、咀嚼回数の増加に伴って高い点を示した人の割合が高くなった (図 4-b, c)。また、集合度については、咀嚼回数との相関は認められなかったが、粉碎度および混和度については、咀嚼回数との間に有意な高い相関が認められた ($p < 0.01$)。飲み込みやすさに関する VAS 値については、粉碎度、混和度、咀嚼回数との間に有意な相関がみられた ($p < 0.05$) (表 3)。

2. ういろ摂食時の咀嚼機能評価

集合度については、咀嚼回数を 10 回規定時に 2 人が 1 点であったが、他はすべて 2 点であった (図 5-a)。粉碎度および混和度については、咀嚼回数の増加に伴って高い点を示した人の割合が高くなった (図 5-b, c)。また、集合度については、咀嚼回数との相関は認められなかったが、粉碎度および混和度については、咀嚼回数との間に有意な高い相関が認められた ($p < 0.01$)。飲み込みやすさに関する VAS 値については、粉碎度、混和度、咀嚼回数との間に有意な相関がみられた ($p < 0.05$) (表 4)。

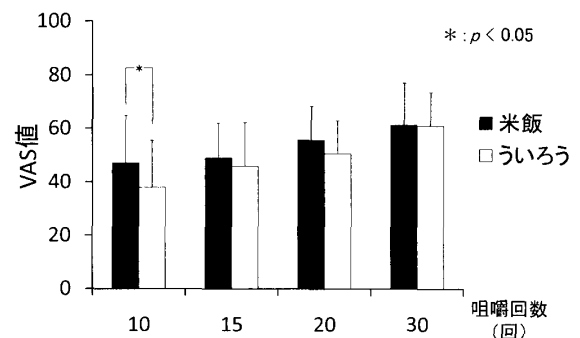


図 6 各咀嚼回数における VAS 値の変化
10 回咀嚼時において、米飯と比較してういろ摂食時に有意に飲み込みにくいと評価された (Paired t-test. $p < 0.05$).

3. 食品間の VAS 値の差

10 回咀嚼時においてのみ、米飯と比較していろいろ摂食時に有意に飲み込みにくいと評価された (図 6)。

考 察

1. 被験食品

咀嚼能力を評価する際には、咬断、粉碎、混合など、咀嚼する試料によって評価する機能が異なるため、咀嚼能力試験を行う上では、単一の試料よりも物性の異なる複数の試料を用いることが推奨されている²²⁾。そこで本研究でも、日本人の主食である米飯と、米飯と比較して付着性が高いいろいろの 2 食品を用いた。円滑な嚥下のためには良好な食塊形成が必要であり、米飯の場合は主に粉碎と混合能力を必要とする。一方、いろいろの場合は最初に咬断する必要があり、また、その高い付着性によって、より唾液と混合することが必要となる。付着性の増加は嚥下閾に達するまでの時間を延長し²⁶⁾、食塊形成機能の低下は食塊の付着性の増加へと通ずる²⁷⁾と考えられており、付着性が異なる食品を用いた評価は本研究においても有用と考えた。被験食品の量については、内視鏡による Stage 2 transport が高頻度に観察可能という点から、通常の 1 口量^{28~30)} よりやや多めとなる 12g とした。また、咀嚼によって形成された食塊の再現性を高めるため、本研究では、あらかじめ 2 色の食品を決められた順に 1 つの立方体に成型した。

2. 咀嚼回数による各評価項目の変化

本研究では、各条件での摂食ごとに、1 枚の VE 画像を抽出し食塊を評価している。評価する画像を抽出する際の画像の枚数に関しては、予備実験において、複数枚選択した場合でも同様の結果となったため、評価点数に偏りが生じにくいと考え、手法を簡素化するために、食塊が明瞭に判断できる 1 枚の画像を選択した。さらに、結果が偏ることを防ぐため、測定を 3 回行い、中央値を代表値として採用した。

集合度については、米飯咀嚼時の 20 回で 1

人、いろいろ咀嚼時の 10 回で 2 人を除いては、咀嚼回数に関わらず、嚥下直前の食塊は一塊に集合していることが明らかとなった。また、咀嚼回数との有意な相関関係はなく、被験食品の物性による変化も認められなかった。一部の被験者において、集合度が 1 点となった理由としては、Stage 2 transport 発現には個人差があり、その頻度や移送の程度が一定でないことが考えられた。これら集合度に関する傾向は深津らの報告³¹⁾とも一致しており、健康成人の嚥下に限定されるが、食塊の集合度が高いことが、嚥下を惹起する上では重要であると考えられる。食塊が一つにまとまるためには、咀嚼の他にも舌運動や唾液の存在が関与しており^{26, 32, 33)}、必ずしも咀嚼回数による影響を受けないものとする。また、少ない咀嚼回数で嚥下する場合には、食塊を集合させるために舌の運動量が大きくなった可能性もある。舌の巧緻性や唾液分泌が低下した高齢者においては、咀嚼回数の少なさを舌運動で代償できないことも想定されることから、今後は舌の巧緻性³²⁾や唾液量^{26, 33)}との関連も検討する必要があると考えられた。

粉碎度、混和度については、食品物性の違いに関わらず、咀嚼回数との間に有意に高い正の相関が認められ、咀嚼が進行するとともに、食物が細かく粉碎される様子や、混和されていく過程が VE によって評価可能であることが明らかとなった。今井ら³²⁾は米飯咀嚼時の舌運動を超音波診断装置で観察し、咀嚼の後半では、粉碎を主とした運動形態から、粉碎された飯粒と唾液の混和及び後方への移送を中心とした運動に移行すると報告している。本研究において、咀嚼回数の増加に伴って、粉碎度が低く混和度が高い食塊が多く観察されたことは、粉碎は咀嚼の初期に生じ、後期には混和が生じることを意味しており、嚥下という側面においては、粉碎よりも混和が重要な役割を果たしていると考えられた。これまでも、粉碎度は嚥下閾との関連が低いという報告^{31, 34)}があるように、本研究の結果もそれらと矛盾しないものであった。また、咀嚼回数が多い場合、米飯と比較してう

いろいろの粉砕度が高くなったが、これは粒状である米飯との差が表れたものと考え、混和度については、ある回数以上の咀嚼が行われると、食塊は唾液とよく混合され泥状の食塊となるため、食品の物性による差は消失するものと考えられた。

嚥下の容易さに関する VAS 値については、10 回咀嚼時においていろいろと比較して米飯で有意に高い値を示した。この時の粉砕度は米飯がいろいろよりも低い傾向を示し、混和度は米飯が高い傾向を示した。米飯と比較していろいろは付着性が高く、またブロック状であることから、円滑に嚥下するには、咬断、粉砕し、唾液と混和されることが必要である。咀嚼回数が増えると、米飯といろいろの VAS 値の差は消失することから、10 回の咀嚼回数では、いろいろを摂食するには不十分であったために、このような結果になったと推察された。VAS 値と他の評価項目との相関関係については、咀嚼回数、粉砕度、混和度で正の相関が認められ、集合度では有意な相関は認められなかった。米飯と比較していろいろにおいて、相関関係を強く認めたが、これは咬断と混合をより必要とする食品物性の違いを反映したものと考え、食品物性による多少の違いはあるが、本研究の結果から、嚥下が惹起されるためには食塊の集合度が重要であるが、よく咬むと飲み込みやすくなる、円滑な嚥下という観点からは混和度と粉砕度が重要であることが示唆された。従来より、通例として1口ごとに30回の咀嚼が推奨されているが、咀嚼回数の増加により粉砕度と混和度が高くなり、咀嚼回数が30回ですべての被験者で最高値となった本研究の結果は、円滑な嚥下の遂行という点からそれを支持するものである。また、嚥下を前提とした咀嚼機能評価においては、混和度と粉砕度に比較して集合度は指標に適さないと考えられた。しかし、佐々生ら²⁵⁾は、普段よりもよく咀嚼して摂食するよう指示することで、食塊の集合度が有意に高くなると報告している。軟食に慣れた現代においては、咀嚼を十分に行わず丸飲み嚥下に

よって摂食している場合も多いと考えられ、今後より詳細な検討が必要である。嚥下閾と嚥下のしやすさ、粉砕度や混和度と嚥下閾の関連については、本研究のように咀嚼回数を規定せず、自由摂食させた条件での研究も必要になると考える。

本研究の結果より、内視鏡を用いて、2色の被験食品の色調から咀嚼による食塊形成度を測定する方法は、咀嚼と嚥下という一連の運動の中で、咀嚼機能を評価できる方法として確認できた。特に、粉砕度や混和度は、唾液や舌運動の影響も含め、咀嚼の進行によって食塊が変化する過程を評価する有効な指標となることが確認できた。今後は、従来行われてきた咀嚼機能評価との関連を検討するために、本研究で用いた検査法を応用した定量的な評価を構築する必要がある。本研究におけるビデオ内視鏡を用いた咀嚼機能評価法では、Stage 2 transport の発現が重要であり、食品差、変動性、個人差が問題となる。また、高齢者や摂食・嚥下障害を持つ患者などを検査の対象とした場合には、窒息や誤嚥などのリスクの存在も検討すべきである。窒息の原因となる食品はいろいろなどの餅に限らず、米飯やパンなど日本人が主食として日常的に摂取している食品が多いこと、特に食品の温度が関係しているという報告もある。VE という検査法そのものは、これまでも行われてきた安全な検査法であるが、被験食品の性状や温度には、対象者の摂食・嚥下能力を十分に考慮することが必要である。しかし、これまで咽頭期の嚥下機能評価に限定されていた VE が、準備期および口腔期障害の評価を実現することは、VE の有用性を非常に高めるものである。また、そのポータビリティの高さによって、今後増加する在宅歯科診療でも VE は実施可能である。超高齢社会における歯科補綴学を考えた場合、十分な咀嚼を行わず嚥下している患者の咀嚼・嚥下指導や、義歯などの補綴歯科装置による治療効果の評価など、VE を応用したビデオ内視鏡による咀嚼機能評価は非常に有意義なものと考えられる。

結 論

健常有歯顎者 10 名を対象に、ビデオ内視鏡を用いた定性的な咀嚼機能評価と嚥下の容易さに関する主観的評価を VAS にて行い、以下の結論を得た。

1. 米飯摂食時、ういろう摂食時において、集合度は咀嚼回数との相関は認めず、常に高い値を示した。粉碎度と混和度は、咀嚼回数との有意な高い正の相関を示した ($p < 0.01$)。

2. 嚥下の容易さに関する VAS 値は、咀嚼回数、粉碎度、混和度との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$)。

以上より、ビデオ内視鏡を用いた咀嚼の食塊形成機能評価が十分に可能であることが明らかになり、特に、咀嚼による食塊の粉碎度と混和度が円滑な嚥下の遂行に関連することが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御懇篤なる御指導、御校閲を賜りました歯科補綴学講座有床義歯補綴学分野 鈴木哲也教授に心より深謝申し上げます。また、種々のご協力をいただきました歯科補綴学講座有床義歯補綴学分野の諸先生に感謝いたします。

なお、この研究の一部は、文部科学省科学研究費(若手研究(B)、課題番号 20791438, 2007-2010)の補助を受け実施した。

引 用 文 献

- Sheth, N., Diner, WC.: Swallowing problems in the elderly. *Dysphagia* 2 : 209-215, 1988.
- Feinberg, MJ., Ekberg, O.: Videofluoroscopy in elderly patients with aspiration: Importance of evaluating both oral and pharyngeal stages of deglutition. *Am. J. Roentgenol.* 156 : 293-296, 1991.
- Shaw, DW., Cook, IJ., Gabb, M., Holloway, RH., Simula, ME., Panagopoulos, V., Dent, J.: Influence of normal aging on oral-pharyngeal and upper esophageal sphincter function during swallowing. *Am. J. Physiol.* 268 : G397-G403, 1995.
- Leopold, NA., Kagel, MA.: Swallowing, ingestion and dysphagia: a reappraisal. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 64: 371-373, 1983.
- Palmer, JB.: Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: a new model for the physiology of swallowing. *日摂食嚥下リハ会誌*, 1 : 15-30, 1997.
- Hiiemae, KM. : Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 14 : 31-42, 1999.
- Palmer, JB., Kuhlemeier, KV., Tippett, DC., Lynch, C.: A protocol for the videofluorographic swallowing study. *Dysphagia* 8 : 209-214, 1993.
- Saitoh, E., Shibata, S., Matsuo, K., Baba, M., Fujii, W., Palmer, JB.: Chewing and food consistency: effects on bolus transport and swallow initiation. *Dysphagia* 22 : 100-107, 2007.
- Palmer, JB., Rudin, NJ., Lara, G., Crompton, AW.: Coordination of Mastication and Swallowing. *Dysphagia* 7 : 187-200, 1992.
- Palmer, JB.: Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79 : 691-696, 1998.
- 武田斉子, 才藤栄一, 松尾浩一郎, 馬場尊, 藤井航, Palmer JB.: 咀嚼が食塊の咽頭進入に及ぼす影響, *リハ医*, 39 : 322-330, 2002.
- Feinberg, MJ.: Radiographic techniques and interpretation of abnormal swallowing in adult and elderly patients. *Dysphagia* 8 : 356-358, 1993.
- Manly, RS., Braley, LC.: Masticatory performance and efficiency. *J. Dent. Res.* 29: 448-462, 1950.
- 石原寿郎: 篩分法による咀嚼能率の研究, *口病誌*, 22 : 207-255, 1955.
- Ohara, A., Tsukiyama, T., Ogawa, T., Koyano, K.: A Simplified sieve method for determining masticatory performance using hydrocolloid material. *J. Oral Rehabil.* 30 : 927-935, 2003.
- Sato, H., Fueki, K., Sueda, S., Sato, S., Shiozaki, T., Kato, M., Oyama, T.: A new and simple method for evaluating masticatory function using newly developed artificial test food. *J. Oral Rehabil.* 30 : 68-73, 2003.
- Okiyama, S., Ikebe, K., Nokubi, T.: Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. *J. Oral Rehabil.* 30 : 278-282, 2003.
- 古屋純一: 全部床義歯が高齢無歯顎者の嚥下機能に及ぼす影響, *口病誌*, 66 : 51-59, 1999.
- Furuya, J., Suzuki, A., Suzuki, T., Oda, N., Kobayashi, T.: Temporal changes in swallowing function caused by a palate covering. *Prosthodont. Res. Pract.* 7 : 97-103, 2008.
- Imaizaki, T., nishi, Y., Kaji, A., Nagaoka, E.: Roles of the artificial tooth arch during swallowing in edentates. *J. Prosthodont. Res.* 54 : 14-23, 2010.
- Toyoshita, Y., Koshino, H., Hirai, T., Matsumi, T.: Effect of wearing a palatal plate on swallowing function. *J. Prosthodont. Res.* 53 : 172-175, 2009.

- 22) 日本補綴歯科学会ガイドライン作成委員会：歯科医療領域3疾患の診療ガイドライン, 補綴誌, 46: 585-615, 2002.
- 23) Langmore, SE., Schatz, K., Olsen, N.: Fiberoptic endoscopic examination of swallowing safety: a new procedure. *Dysphagia* 2: 216-219, 1988.
- 24) Perlman, AL., Van Daele, DJ.: Simultaneous videoendoscopic and ultrasound measures of swallowing. *J. Med. Speech Lang. Pathol.* 1: 223-232, 1993.
- 25) 佐々生康宏, 野原幹司, 小谷泰子, 阪井丘芳: 内視鏡による食塊形成機能の評価－健常有歯顎者を対象として－, 老年歯学, 23: 42-49, 2008.
- 26) 阿部真之介: 食塊の物性が嚥下閾に与える影響, 小児歯誌, 39: 704-711, 2001.
- 27) 杳名壽文: 成人前歯部開咬者の食塊形成能力に関する研究－異なる食品における咀嚼終了時の食塊について－, 鶴見歯学, 30: 119-125, 2004.
- 28) 巢瀬賢一, 赤間智之, 福島理恵, 阿部真之介, 高森一乗, 孫泰一, 鈴木欣孝, 時安喜彦, 渡部茂: 食物咀嚼における食塊水分量の変化, 小児歯科学雑誌, 38: 1113-1118, 2002.
- 29) Yagi, K., Matsuyama, J., Mitomi, T., Taguchi, Y., Noda, T.: Changes in the mouthful weight of familiar foods with age of five years, eight years and adults. *Pediatr. Dent. J.* 16: 17-22, 2006.
- 30) 小松澤純子: 健常成人における自由嚥下時の摂食・嚥下機能の検討, 愛院大歯誌, 45: 15-34, 2007.
- 31) 深津ひかり, 野原幹司, 佐々生康宏, 尾島麻希, 小谷泰子, 阪井丘芳: 内視鏡を用いた嚥下直前の食塊の観察 咀嚼回数が食塊に与える影響, 日摂食嚥下リハ会誌, 14: 27-32, 2010.
- 32) 今井敦子: 咀嚼機能評価のための米飯咀嚼に関する研究, 補綴誌, 42: 147-156, 1998.
- 33) 住野広明, 塩澤光一, 森戸光彦: 成人被験者における唾液分泌量が咀嚼時の食塊物性変化に及ぼす影響, 老年歯学, 22: 288-297, 2007.
- 34) 塩澤光一, 城所寛子, 佐藤洋子, 神山かおる, 柳沢慧二: 米飯咀嚼時の食塊物性と嚥下閾値との関係, 日咀嚼誌, 13: 58-66, 2003.

Evaluation of bolus formation in masticatory function by using videoendoscopy

Risako ABE, Junichi FURUYA

(Chief : Prof. Tetsuya SUZUKI)

[Received : November 8, 2010 : Accepted : December 13, 2010]

Abstract : In the field of prosthodontics, many methods for evaluating the masticatory function were carried out by ejection of the food bolus from the mouth. Yet, these methods could not evaluate mastication and swallowing function comprehensively. The purpose of present study is to evaluate masticatory functions during a series of masticatory and swallowing movements by using videoendoscopy (VE).

Subjects are ten healthy dentulous adults without dysphagia. The test foods used were two-colored (green and white) molded rice and uirou. The test foods were consumed under the restriction on the number of mastication (10, 15, 20, and 30). The food bolus in the oropharynx was evaluated qualitatively by using VE in terms of the degree of grindability, cohesiveness, and mixing. In addition, the degree of easiness of swallowing was measured with visual analogue scale (VAS).

In both rice and uirou, degree of cohesiveness showed a constant high value under all conditions. The significant correlation coefficients were observed between the number of mastication, the degree of grindability, and mixing. In addition, the significant correlation coefficients were observed between the value of VAS, degree of grindability, mixing, and the number of mastication.

The present study demonstrates that VE can be applicable for evaluating the masticatory function, although the aim of VE has so far been limited to the evaluation of swallowing in the pharyngeal stage. And also, although these results suggest that adequate mastication induces smooth swallowing, it could be adjusted to the degree of grindability and mixing of food bolus by mastication.

Key Words : Masticatory function, videoendoscopy, food bolus formation, mastication, swallowing