＜平成18年度＞

口腔機能に適合した食形態の決定法の確立

野原　幹司・阪井　丘芳・佐々生　康宏
（大阪大学歯学部附属病院顎口腔機能治療部）

1. 緒　　言

誤嚥は高齢者のQOLの低下を招くだけでなく，生命予後も左右する非常に問題となる障害である。Feinberg[1]は，誤嚥は咽頭期で生じるものの，その原因は咽頭よりも口腔に多く存在することを報告した。このことは，準備期・口腔期での食塊形成能力の良否が誤嚥のリスクを左右することを示している。従って，誤嚥を防止するためには，適切に食塊形成機能を評価して，口腔機能に適した食形態を提供することが重要と考えられる。

これまでに，食塊形成機能の評価法についてはさまざまな報告[2, 3]があるが，いずれも咀嚼した食塊を口腔外に取り出して評価する方法が主体であり，誤嚥のリスクを左右するとされる食塊形成機能を反映しているものではない。摂食から嚥下までの活動は連続的であることから，食塊形成機能を評価するためには，咽頭内での食塊を直接観察することが必要である。

当部で開発された経鼻内視鏡[4]は，口腔の機能を障害することなく咽頭を直接観察できる検査機器である。したがって，この内視鏡を用いることで嚥下直前の咽頭の食塊を直接観察して食塊形成機能を評価できる可能性が考えられる。しかしながら，これまで内視鏡を用いた食塊形成評価の報告はなく，その方法論の確立が望まれる。そこで本研究では，健常者を対象にして，内視鏡を用いた食塊形成機能の評価法を確立することを目的に検討を行った。

2. 方　　法

2. 1　被験者

健常有歯顎者30名（男12名，女18名，年齢：29.1 ± 3.1歳）を対象とした。被験者の人権保護および個人情報の管理は，大阪大学の臨床研究に関する倫理指針に従って行った（倫理審査委員会承認番号：H19-E8）。

2. 2　被験食

本研究では被験食として米飯とクッキーを用いた。被験食は内視鏡下で識別しやすいように，米飯は通常の米飯と緑色に色づけしたもの，クッキーは黄色と緑色のものを準備した（**図1**）。

着色した米飯とクッキーは，それぞれ以下のような方法で作成した。

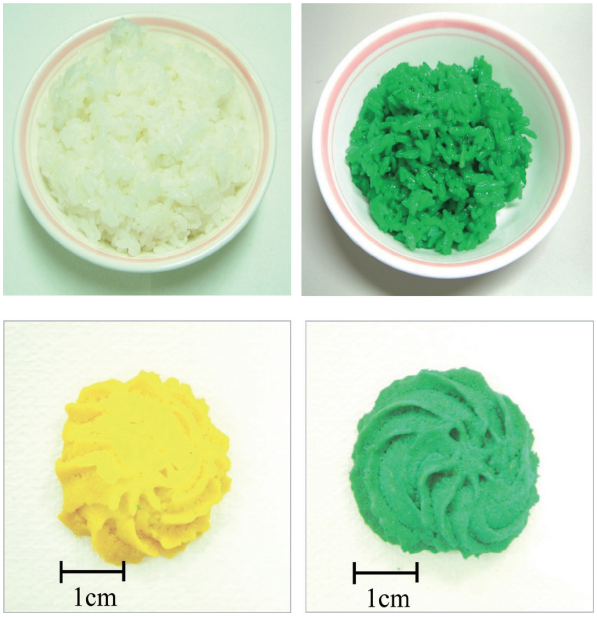

図1　被験食
上：米飯。左が白色，右が緑色の米飯
下：クッキー。左が黄色，右が緑のクッキー

（1）　米飯：家庭用の電気炊飯器にて炊飯した。緑色の米飯は，炊飯前に緑色の着色剤（食品添加物着色料製剤，共立食品株式会社 KI）を加えて約1時間吸水させることにより作成した。

（2）　クッキー：薄力粉，バター，塩，粉砂糖，バニラエッセンス，卵などの材料に，緑色または黄色の着色剤（食品添加物着色料製剤，共立食品株式会社 KI）を加えた後，オーブンで加熱して作成した。

2.3　被験作業および内視鏡手技

被験者を椅子に座らせた状態で内視鏡を経鼻的に挿入し，舌根部と咽頭部が視野に入る位置で固定した。被験作業として，以下のように4通りの方法で被験食を食べるように指示した。

1）　2色の米飯をスプーン半杯（約5 g）ずつ同時に口腔内に入れ，「普段どおり食べて下さい」と指示した。

2）　2色の米飯をスプーン半杯ずつ同時に口腔内に入れ，「よく咬んで食べて下さい」と指示した。

3）　2色のクッキーを1枚ずつ同時に口腔内に入れ，「普段どおり食べて下さい」と指示した。

4）　2色のクッキーを1枚ずつ同時に口腔内に入れ，「よく咬んで食べて下さい」と指示した。

以上4通りにおいて，咽頭に送られてくる食塊をそれぞれ内視鏡で観察した。

2.4　評価方法

各被験作業において，最初に咽頭に送られてきた嚥下直前の食塊の状態を，動画上で3つの観点すなわち粉砕の程度を表す粉砕度，食塊のまとまりの程度を表す集合度，2色の混ざり合いの程度を表す混和度の観点から観察した。それぞれの観点から認められた所見の度合いを3段階に分類し，度合いの高い方から2点，1点，0点と点数化することにより評価した（**表1**）。評価は，7年以上の内視鏡検査の経験をもつ歯科医師2名による合議で行った。

表1　評価基準

・粉砕度
　2点：全体が粉砕されている
　1点：大部分が粉砕されているが一部粉砕されていない
　0点：大部分が粉砕されていない
・集合度
　2点：一塊として集合している
　1点：複数の塊に分かれている
　0点：ばらついている
・混和度
　2点：よく混ざり合っている
　1点：大部分が混ざり合っているが一部混ざり合っていない
　0点：大部分が混ざり合っていない

2.5　統計学的手法

粉砕度，集合度，混和度のそれぞれについて，「普段どおり」食べたときと「よく咬んで」食べたときの評価点数を比較した（Wilcoxon 符号付順位検定）。

3.　結　　果

3.1　米飯の食塊について

内視鏡にて観察された米飯の食塊の代表例を**図2**に示した。各観点から認められた所見別人数は**表2**に示す通りであった。

「普段どおり」食べたときと「よく咬んで」食べたときの評価点数を比較（Wilcoxon 符号付順位検定）した結果，粉砕度，集合度ともに「よく咬んで」食べたときの方が有意に高かった（粉砕度：$p < 0.01$，集合度 $p < 0.05$）。混和度はどちらの条件下でも良好であり，有意差は認められなかった。

3.2　クッキーの食塊について

内視鏡にて観察されたクッキーの食塊を**図3**に示した。各観点から認められた所見別人数は**表2**に示すとおりであった。

「普段どおり」食べたときと比べて，「よく咬んで」食べたときの方が点数が高い被験者がいたものの，評価点数を比較（Wilcoxon 符号付順位検定）した結果，いずれの所見においても有意差は認められなかった。

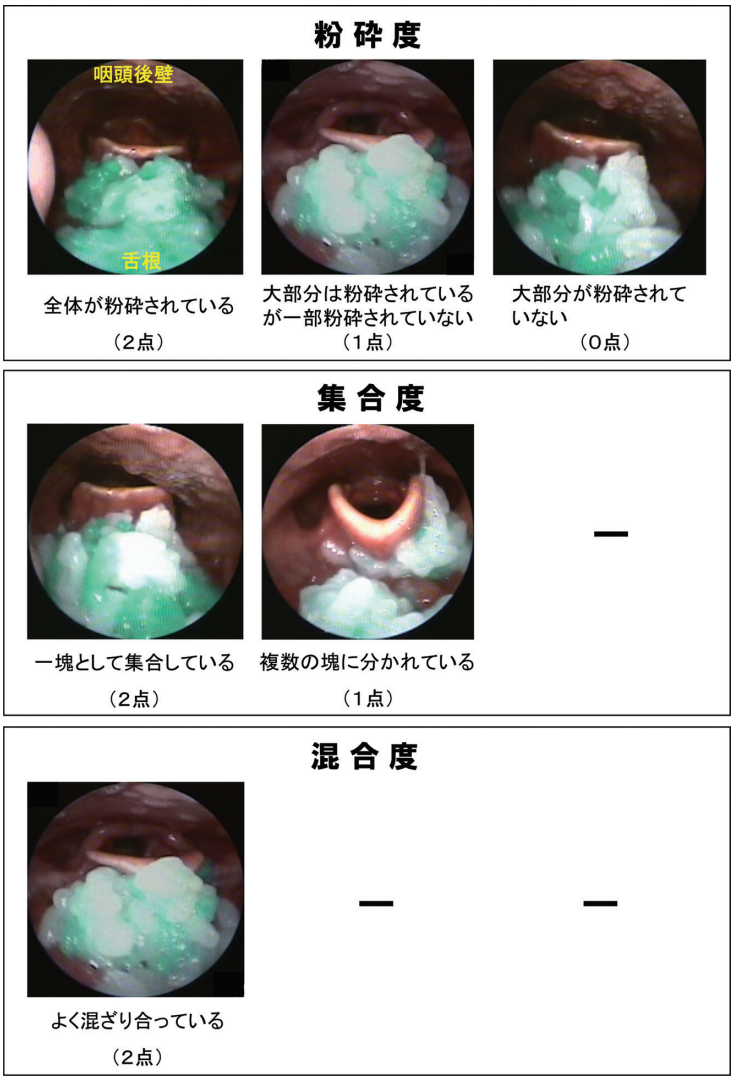

図 2　米飯の食塊例

表 2　所見別人数

		米飯			クッキー		
		2 点	1 点	0 点	2 点	1 点	0 点
普段どおり食べるように指示した場合	粉砕度	3	21	6	25	5	0
	集合度	15	15	0	30	0	0
	混和度	30	0	0	28	2	0
よく咬んで食べるように指示した場合	粉砕度	19	11	0	30	0	0
	集合度	28	2	0	30	0	0
	混和度	30	0	0	30	0	0

（人）

4. 考　　察

4. 1　検査方法について

嚥下直前の食塊を評価するために被験者に嚥下直前で食塊を吐き出させる方法[2, 3]が報告されている。しかしながら，口腔外に吐き出した状態の食塊は，嚥下直前の自然な形状とは言い難い。食塊は咀嚼中に Stage Ⅱ transport[5]が行われ嚥下に至るが，吐き出させる方法では Stage Ⅱ transport での食塊の状態を観察することは困難である。また吐き出すことを前提にすると，咀嚼を強く意識するために不自然な食塊となる可能性がある。そ

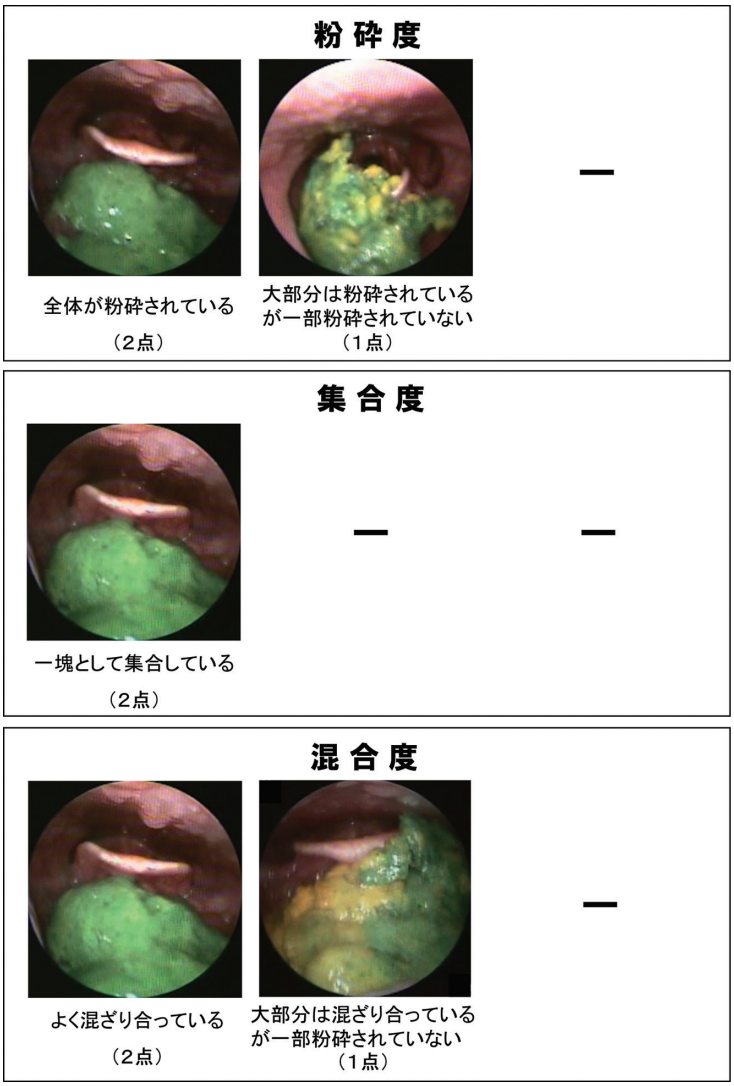

図 3　クッキーの食塊例

のため，咀嚼から嚥下に至るまでの食塊をできるだけ自然な状態で観察する必要があった。

嚥下直前の食塊を自然な状態で観察する方法としては，嚥下内視鏡検査，嚥下造影検査（VF）などが挙げられる。VF は咀嚼運動や嚥下運動を観察する方法として有用である。しかしながら，食塊そのものの混ざり具合や粉砕の度合いを観察することは困難である。一方，内視鏡は食塊そのものを観察することが可能である。このことから，本研究では食塊形成機能を評価する手段として内視鏡を用いた。

内視鏡画像の内容を評価する方法としては，画像を定量的に分析する方法[6]や，熟練した術者による定性的評価法がある。井上ら[6]は，画像を定量的に分析するために，内視鏡本体内のファイバー後縁と接眼レンズの間に格子縞パターンのレチクルを組み込んで，個人内の画像対象物の相対的な数値的評価を可能にしている。この方法は，レンズの歪みによる距離の補正が可能であり，客観的評価法として有用である。しかしながら，咽頭に送られてくる食塊の形態は変化するものであり，一瞬の静止画像のみで判断できるものではない。これらのことから，本法では食塊の動態を動画で観察する定性的な方法で評価することとした。評価項目は，過去の食塊形成に関わる検査の報告[2, 3]を参考にして視覚で捉えることが可能な項目，すなわち，粉砕度，集合度，混和度の 3 つの視点から観察を行い，評価は 7 年以上の内視鏡検

査の経験をもつ熟練した術者2名の合議により行った。

本法では，準備・口腔期での運動の変化が食塊形成に及ぼす影響を調べるために，摂食方法の指示として「普段どおり」食べることに加えて「よく咬んで」食べることを指示した。「よく咬む」ことは必ずしも咀嚼回数の増加を意味するものではなく，口唇運動，舌運動，下顎運動さらに唾液分泌も含めた多岐にわたる要素へ影響することを意味している。すなわち，本法では，「よく咬む」ことを指示することにより，準備・口腔期の運動に影響を及ぼした結果として生じた食塊形成の変化を内視鏡下で捉えようとした。

4.2　結果について

食物を嚥下に至らせるためには，嚥下可能な状態にまで食塊形成される必要がある。嚥下反射の誘発には食物の粉砕率[7]，食塊の水分量[8]，付着性[9]，食物の硬さ[10]などさまざまな因子が影響していることが報告されている。本研究では，嚥下直前の食塊の状態を粉砕度，集合度，混和度の点から視覚的に捉えた。

その結果，粉砕度については，**表1**に示すように米飯全体が粉砕される必要はなく，ほとんど粉砕されていない状態でも，唾液と混ざり合ってある程度まとまった状態であれば嚥下閾に達すると考えられた。このことは，阿部[8]の嚥下閾は食物の粉砕率にのみ左右されるのではなく，食塊表面の付着性に影響を与える唾液中の水分によっても大きく影響を受けるとの見解からも説明できる。一方，クッキーについては，米飯と比較してよく粉砕されていた。クッキーは含有水分量が少ないため，唾液と混和して嚥下閾に達するまでに時間がかかる[11]。その結果，咀嚼回数が増加し，粉砕度が大きくなった[3]のではないかと考えられた。今後は咀嚼回数についても計測して検討する必要がある。

集合度については，クッキーの食塊は良くまとまっていた。Shiozawaら[12]は，ビスケットなど硬く破粉しやすい食品では一塊にまとまった時点で嚥下が誘発されると報告しており，本研究でも同様の所見が得られたと考えられた。一方，米飯については，「普段どおり」食べたときには一部まとまりの悪い状態が認められた。本被験者は健常者であったため，まとまりが悪くても誤嚥は認められなかったものの，咽頭相の機能が低下した高齢者や嚥下障害患者では，食塊の凝集性あるいはまとまりが悪いと誤嚥を惹起する可能性[13]が指摘されている。本研究で咬むことを意識させることでまとまりやすくなることが示されたことから，有歯顎の高齢者や嚥下障害患者に対しても，よく咬むように指示することで食塊のまとまりを良くし，誤嚥のリスクを軽減することが期待できるのではないかと考えられた。

混和度については，米飯，クッキーの双方ともによく混和されていた。Palmer[14]は，咀嚼中の食物は口腔内を絶え間なく移動していることをVFで確認しており，本結果は咀嚼運動における舌・頬運動や下顎運動が正常に行われた結果であると考えられた。

本法により，「普段どおり」食べるよりも「よく咬んで」食べた方が，食塊形成が良好であることが示された。内視鏡での観察により両者の違いを判別できたことは，内視鏡が食塊形成機能の評価に有用であることを示している。これらの健常有歯顎者の評価結果は，要介護高齢者などで準備・口腔期に原因がある嚥下障害患者[3]の診断において有用な示唆を与えるものと考えられる。また，健常者の場合でも義歯装着者や無歯顎者の食塊形成機能を評価する際の参考基準になり得ると考えられる。今後，要介護高齢者を含めた嚥下障害患者，義歯装着者，無歯顎者などについても同様の観察を行い，摂食・嚥下治療の一助となる

よう本診断法を確立していく必要がある。そうすることで，食塊形成が不良な症例では食形態を下げるなどといった，機能に適した食形態の提供が可能になるであろう。一方で，本法では Stage II transport が認められない症例では評価できないこと，一口量や判定時期によって評価が異なる可能性があること，画像が定量化されていないことなどの問題点が残されている。本法の確立には，これらの問題点を解決しつつ被験者数をさらに増やしていくことが望まれる。

5. 結　　論

健常有歯顎者の嚥下直前の食塊を内視鏡で観察した結果，以下のことが示された。

⑴　米飯は，米飯全体が粉砕される必要はなく，ほとんど粉砕されていない状態でも，ある程度まとまった状態であれば嚥下閾に達していた。

⑵　クッキーは，米飯と比較して粉砕度が高く，よくまとまっていた。

⑶　米飯，クッキーの双方とも混和度は高かった。

⑷　普段どおり食べるよりもよく咬んで食べた方が，食塊形成が良好であった。

定性的な判定ではあるものの，内視鏡での観察により食塊の状態の違いを判別できたことから，内視鏡が食塊形成機能の評価に有用であることが示された。以上の結果から，内視鏡を用いることにより，口腔機能に適した食形態が決定できる可能性が示唆された。

謝　辞

本研究は財団法人浦上食品・食文化振興財団の助成により遂行されたものであることを付記するとともに謝意を表明する。

文　献

1）　Feinberg M. J.（1993）：Radiographic techniques and interpretation of abnormal swallowing in adult and elderly patients. *Dysphagia,* 8（4）, 356-358.

2）　Mishellany A., Woda A., Labas R., Peyron M. A.（2006）: The challenge of mastication: Preparing a bolus suitable for deglutition, *Dysphagia,* 10, 87-94.

3）　大山喬史，河野正司，小林　博（2005）：咀嚼能力検査法のガイドライン，日歯医学会誌，24，39-50，平成 17.

4）　山岡　稔，松矢篤三，宮崎　正（1972）：Fiberscope による鼻咽腔閉鎖運動の観察法，日口外誌，昭和 47.

5）　Palmer J. B., Hiiemae K. M.（1999）：Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency, *Dysphagia,* 14（1）, 31-42.

6）　井上公秀，舘林　茂，青木久美子，他（2005）：嚥下の内視鏡検査における測定方法に関する試み，口科誌，54（4），410-415，平成 17.

7）塩沢光一，坂西秀樹，柳沢慧二（1999）：嚥下までの咀嚼回数に及ぼす摂取食品の大きさの影響，日本咀嚼学会雑誌，1，39-44，平成 11.

8）阿部真之介（2001）：食塊の物性が嚥下閾に与える影響，小児歯科学雑誌，39（3），704-711，平成 13.

9）　Shiozawa K., Kohyama K., Yanagisawa K.（2002）：Relationship between physical properties of a food bolus and the swallowing threshold during mastication of gel type food, *Jpn. J. Oral Biol.,* 44, 114-119.

10）　越野　寿，平井敏博，横山雄一，他（2006）：各種食品の咀嚼前および嚥下閾食塊のレオロジー物性，日本咀嚼学会雑誌，16（1），11-16，平成 18.

11）　巣瀬賢一，赤間智之，福島理恵，他（2000）：食物咀嚼における食塊水分量の変化，小児歯科学雑誌，38（5），1113-1118，平成 12.

12）　Shiozawa K., Kohyama K., Yanagisawa K.（2003）：Relationship between physical properties of a food bolus and initiation of swallowing, *Jpn. J. Oral Biol.,* 45, 59-63.

13）　小野高裕，堀　一浩，野首孝祠，他（2003）：Digital Subtraction Angiography を用いたグミゼリーの咀嚼・嚥下動態評価，補綴誌，47（1），107-116，平成 15.

14）　Palmer J. B.（2000）：Mechanisms of food transport during mastication and swallowing. 日摂食嚥下リハ会誌，4，3-9，平成 12.

Development of determination procedure of suitable food texture for oral function

Kanji Nohara, Takayoshi Sakai and Yasuhiro Sasao
(Division for Oral-Facial Disorders Osaka University Dental Hospital)

Objective：It is reported that among the elderly requiring case most aspirations are not caused by the function of pharyngeal stage but the preparatory stage, though aspiration indeed occurs in the pharyngeal stage. Thus it is important to evaluate the function of bolus preparation to serve suitable food texture for oral function.The purpose of this study was to establish a method to evaluate the function of bolus preparation for swallowing using videoendoscopy.

Methods：Thirty dentulous healthy adults participated in this study. Rice and cookies were used as examination foods. We made up bicolor foods to evaluate the degree of bolus preparation, that is, white rice and green rice, yellow cookies and green cookies. The subjects were instructed to eat mouthfuls of the same kind of foods with different colors in two different ways：in the usual manner and with proper mastication. We evaluated the function of bolus preparation in the pharynx, using videoendoscopy, from the viewpoint of the degree of grindability, cohesiveness and mixing.

Results：Rice；The bolus made by chewing normally had poor degrees of grindability and cohesiveness.The degrees of grindability and cohesiveness of the bolus made by chewing well were higher than with the bolus made by chewing normally.Cookie; The bolus made in both ways had high degrees of mixing, grindability and cohesiveness.

Conclusion：These results indicated that it is possible to evaluate the bolus preparation for swallowing using videoendoscopy, although it is not qualitative but quantitative. It was suggested that we can determine suitable food textures for oral function using videoendoscopy.