

## Original Article

プロセスモデルに基づき開発された咀嚼嚥下訓練用食品の有用性  
—摂食嚥下障害患者における検討—

柴田斉子,<sup>1</sup> 加賀谷齊,<sup>1</sup> 田中慎一郎,<sup>1</sup> 藤井 航,<sup>2</sup> 中川量晴,<sup>3</sup>  
松尾浩一郎,<sup>3</sup> 安部和美,<sup>4</sup> 石橋直人,<sup>4</sup> 稲本陽子,<sup>5</sup> 才藤栄一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学I講座

<sup>2</sup>藤田保健衛生大学七栗サナトリウム歯科

<sup>3</sup>藤田保健衛生大学医学部歯科

<sup>4</sup>株式会社大塚製薬工場 OS-1 事業部メディカルフーズ研究所 MF 製剤研究室

<sup>5</sup>藤田保健衛生大学医療科学部リハビリテーション学科

## 要旨

Shibata S, Kagaya H, Tanaka S, Fujii W, Nakagawa K, Matsuo K, Abe K, Ishibashi N, Inamoto Y, Saitoh E. Efficacy of a novel training food based on the process model of feeding for mastication and swallowing: A study among dysphagia patients. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2017; 8: 82-87.

【目的】咀嚼嚥下訓練用食品, chew-swallow managing food (CSM) の物性の妥当性と安全性を摂食嚥下障害患者において検証することを目的とした。

【方法】摂食嚥下障害と診断され, ペースト食の摂取が可能と判断された入院患者 14 名 (平均年齢 74 歳) を対象とした。CSM とペーストそれぞれ 4g を 3 回ずつ自由に嚥下させ, 一口ごとの咀嚼回数, 嚥下回数, 嚥下反射開始時の食塊先端位置, 口腔・咽頭残留の程度, 喉頭侵入・誤嚥の有無を評価した。

【結果】CSM において咀嚼回数の増加が有意であった。食塊先端位置は CSM, ペーストともに喉頭蓋谷に多く, 喉頭侵入の頻度には差を認めなかった。残留は CSM で舌背に多く, ペーストで喉頭蓋谷に多く認められた。

【結論】摂食嚥下障害患者において CSM は咀嚼を誘導するが, 喉頭侵入の頻度はペーストと変わりなく, ペーストと同等の安全性で咀嚼嚥下を訓練できると判断できた。

**キーワード:** プロセスモデル, 咀嚼, 嚥下, 摂食嚥下障害, 直接訓練

著者連絡先: 柴田斉子  
藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学I講座  
〒470-1192 愛知県豊明市杣掛町田楽ヶ窪 1-98  
E-mail: sshibata@fujita-hu.ac.jp  
2017年6月9日受理

利益相反: 本研究は株式会社大塚製薬工場から受託研究費を受けて実施した。

## はじめに

摂食嚥下障害に対する訓練法は, 食物を用いない間接訓練と, 食物を用いて行う直接訓練とに分けられる [1]。間接訓練は誤嚥を伴うことなく実施可能であり, 舌圧や咽頭収縮力の強化により嚥下運動を改善させる効果があるが, 実際の嚥下運動中の食塊の動態には直接関与しない。したがって, 嚥下機能を効率よく高めるためには間接訓練と併行して実際の嚥下運動に般化しやすい直接訓練を安全に行うことが重要である。

これまで, 直接訓練の開始にはゼリーやペーストなどの均一でまとまりのよい食材が用いられてきた。これらの食材は咀嚼の必要がないため直接訓練において誤嚥や残留を減少させる手段として, 食塊を舌背上に保持した状態から嚥下反射の惹起とともに一気に咽頭へ送り込む丸呑みの方法が一般的に指導される。この飲み方は, 液体の一口嚥下を基に提唱された 4 期連続モデル [2] で説明される。

しかし, 段階的 direct 訓練の経過中には, 均一な食品から咀嚼を要する食品への変更が必要となるため, 丸呑みから咀嚼嚥下へと嚥下モデルも変えて考えなければならぬ。咀嚼嚥下はプロセスモデル [3, 4] で説明される。プロセスモデルでは, 口腔内に取り込んだ食物を咀嚼により粉碎し, 唾液と混和して嚥下可能な食塊にする過程 (processing) と, 一部の嚥下可能となった食品を咀嚼中に舌の squeeze back という運動により咽頭へと順次送り込む過程 (stage II transport) が併行して行われることを特徴とする。咀嚼嚥下における食塊形成は stage II transport に伴って喉頭蓋谷で行われる [5, 6]。さらに, 摂取する食品の物性によって, stage II transport による嚥下反射開始時の食塊の到達位置が異なることが報告されている [7-9]。水分を多く含む流動性の高い食材や, みそ汁のように固形物と液体を同時に咀嚼しながら摂取するような場合には, stage II transport により食塊が嚥下反射開始前に下咽頭に達するため, 摂食嚥下障害が重度なほど誤嚥の危険が高まる。

そこで, われわれは咀嚼嚥下を安全に訓練するため

には、規格化された物性を有する食品が必要と考え、咀嚼訓練用食品 chew-swallow managing food (CSM) を開発した。CSM のコンセプトは、初期には咀嚼が必要な硬さを有し、咀嚼と stage II transport を誘導するが、咀嚼により咽頭で食塊としてまとめられる段階ではペーストと同等の性状となり安全に嚥下できることとした。

本研究の目的は、CSM とペーストの嚥下動態を摂食嚥下障害患者において調べ、CSM の咀嚼嚥下訓練用食品としての妥当性と安全性を確かめることとした。

## 対象と方法

本研究は、当大学倫理審査委員会での承認後に実施された（承認番号第 13-289 号）。

### 1. 対象

当院に入院し、摂食嚥下障害の疑いがあるとして嚥下機能評価の依頼があった患者のうち、ペースト食の摂取が可能と判断された 14 名を対象とした。除外基準として、全身状態が不安定、口頭での指示に従えないこととした。研究に先立ち、研究内容を本人あるいは家族に説明し、書面で同意が得られた者を対象とした。

14 名の内訳は男性 8 名、女性 6 名、平均年齢 74 歳、標準偏差 8.7 歳であった。対象者の主たる疾患は、脳卒中 5 名、脳腫瘍 2 名、神経筋疾患 3 名、食道がん 2 名、呼吸器疾患 2 名であった。対象者の摂食嚥下障害の臨床的重症度 (Dysphagia severity scale : DSS) [10, 11] は食物誤嚥 1 名、水分誤嚥 9 名、機会誤嚥 2 名、口腔問題 1 名、軽度問題 1 名であった。歯牙の状態は、白歯の欠損がなく義歯の必要がないもの 5 名、義歯の必要があり装着しているもの 4 名、義歯の必要があるが装着していないもの 5 名であった。

### 2. 方法

ベッドサイドにて、対象者を臨床の嚥下機能評価で推奨された姿勢に調整し、嚥下内視鏡検査 (videoendoscopic evaluation of swallowing : VE) を実施した。鼻咽腔ファイバースコープ (直径 3.6 mm, ENF TYPE P4, オリンパス, 東京) を経鼻的に挿入し、咽頭腔全体が観察できるように内視鏡先端を軟口蓋の高さに位置させ、摂食中の内視鏡画像を miniDV に録画した。また、咀嚼および嚥下回数を後から確認できるように、対象者が食品を摂取している間の口腔周囲と VE のモニター画面が同時に入るように外部からビデオカメラで撮影し、DVD に記録した。

被験食品として CSM とユニバーサルデザインフード区分 4 [12] に分類される市販のペースト食 (なめらか野菜かぼちゃ, キューピー, 東京) それぞれ 4 g を用い、両食品を 3 回ずつ摂取させた。両食品の摂取の順番はランダムとした。

被験食品の物性を表 1 に示した。物性の測定は消費者庁の特別用途食品、えん下困難者用食品の許可基準に示された計測方法 [13] に従って、大塚製薬工場にて計測した。

摂取方法は、介助者が被験食品をスプーンで被験者の口腔に入れ、被験者が捕食した後は自由摂取とした。試行間に口腔内や咽頭に残留を認めた場合は 3 ml のとりみ水を摂取させ、残留を除去した。

表 1. 被験食品の物性値

物性*	CSM			ペースト**
	黒糖	だし	醤油	
硬さ (N/m <sup>2</sup> )	4.2×10 <sup>4</sup>	3.9×10 <sup>4</sup>	3.7×10 <sup>4</sup>	3.4×10 <sup>3</sup>
凝集性	0.4	0.4	0.4	0.8
付着性 (J/m <sup>2</sup> )	1.8×10 <sup>3</sup>	1.8×10 <sup>3</sup>	1.5×10 <sup>3</sup>	1.1×10 <sup>3</sup>

\* 消費表第 277 号による測定

\*\*なめらか野菜 かぼちゃ (キューピー株式会社, 東京)

### 3. データ採取

#### 3.1 嚥下回数と咀嚼回数

VE で嚥下に伴うホワイトアウトを嚥下と定義し、各被験食品ごとに被験者が飲み終わったと感じたことを確認し、その時点までの嚥下回数を VE 実施者が計測した。咀嚼回数は、被験者が捕食してから 1 回目の嚥下までの下顎の上下運動の回数を VE 実施者とは別の検者が計測した。嚥下回数と咀嚼回数の再確認が必要な場合は、外部カメラで撮影した画像を用いて行った。

#### 3.2 嚥下反射開始時の食塊先端の位置

VE 実施者が VE 画面上で、1 回目の嚥下直前の食塊先端位置を同定した。①食塊先端の位置は口腔内：VE で食塊の咽頭流入が観察されない、②舌根部～喉頭蓋谷：嚥下前に食塊が VE の視野内で喉頭蓋谷の領域までに確認できる、③喉頭蓋谷以遠～梨状窩：食塊は喉頭蓋谷を越え、梨状窩に達する範囲、の 3 段階に分類した。

#### 3.3 残留と誤嚥

VE 実施者とは別の検者が口腔と咽頭の残留を主観的に評価した。残留の程度は、先行研究に揃え、①なし、②痕跡程度、③半量未満、④半量以上の 4 段階とした。喉頭蓋谷、梨状窩の残留は VE 画面上から判断し、舌背、口腔底の残留は 1 試行ごとに嚥下終了後に直視下に確認した。

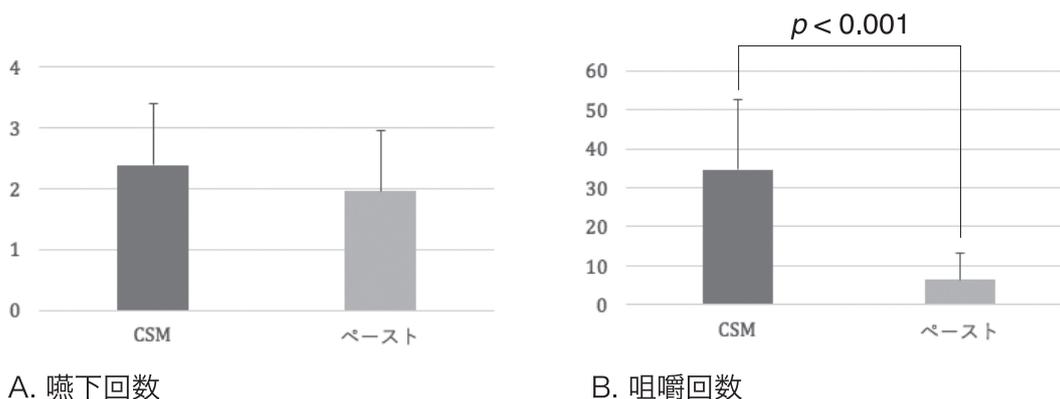
喉頭侵入および誤嚥については VE 画面上で Penetration-Aspiration Scale (PAS) [14] を用いて評価した。

### 4. データ解析

咀嚼および嚥下回数は CSM とペーストについて平均値の差を paired-*t* 検定を用いて検定した。残留の程度、嚥下反射開始時の食塊先端位置、PAS については Wilcoxon 符号付順位和検定を実施した。統計学的分析には IBM SPSS Statistics 23 (IBM 社製) を使用し、統計学的有意水準は  $p < 0.05$  とした。

## 結果

嚥下回数 (平均値±標準偏差) は、CSM で 2.4±1.5 回、ペーストで 2.0±1.0 回と有意差を認めなかった ( $p=0.083$ , 図 1A)。また、1 回目の嚥下までの平均咀嚼回数は、CSM で 34.6±18.2 回、ペーストで 6.5±6.7 回であり、CSM で有意に増加していた ( $p < 0.001$ ,



A. 嚥下回数

B. 咀嚼回数

図 1. 嚥下回数と咀嚼回数

A. CSM とペーストそれぞれ 4 g を飲み終えるまでの嚥下回数

B. CSM とペーストそれぞれ 4 g の 1 回目の嚥下までの咀嚼回数

平均値 + 標準偏差で表示した。嚥下回数は CSM とペーストで差を認めなかったが、咀嚼回数は CSM で多く、Wilcoxon 符号付順位和検定で有意差を認めた ( $p < 0.001$ )。

図 1B)。

嚥下反射開始時の食塊先端位置は CSM, ペーストともに口腔以遠～喉頭蓋谷がそれぞれ 78.6%, 81.0% と最も多く、有意差を認めなかった (表 2)。

表 2. 嚥下反射開始時の食塊先端位置

	CSM	ペースト	合計
口腔内	1	3	4
口腔以遠～喉頭蓋谷	33	34	67
喉頭蓋谷以遠～梨状窩	8	5	13
合計	42	42	84

$p=0.096$

表 3. 食塊残留の部位と程度

A. 舌背

	CSM	ペースト	合計
半量以上	0	0	0
半量未満	2	0	2
痕跡程度	16	4	20
なし	24	38	62
合計	42	42	84

$p=0.001$

C. 喉頭蓋谷

	CSM	ペースト	合計
半量以上	2	0	2
半量未満	15	23	38
痕跡程度	14	16	30
なし	11	3	14
合計	42	42	84

$p=0.047$

食塊残留については、舌背と喉頭蓋谷で CSM とペーストの間で有意差を認めた ( $p=0.001, p=0.047$ , 表 3)。

舌背の残留は CSM で頻度が高かったが、残留のほとんどが痕跡程度であった。

喉頭蓋谷残留はペーストで半量未満の残留頻度が高く、23/42 例 (54.8%) であった。CSM では半量以上を 2/42 例 (4.8%) に認めたが、半量未満、痕跡程度、残留なしがそれぞれ 15/42 例 (35.7%), 14/42 例 (33.3%), 11/42 例 (26.2%) と同程度であった。

梨状窩では痕跡程度～半量未満の残留を CSM とペーストでそれぞれ 24/42 例 (57.1%), 25/42 例 (59.5%) に認め、残留なしが 18/42 例 (42.9%), 17/42 例 (40.5%) であり、分布に差を認めなかった。

PAS については、CSM, ペーストともに誤嚥は認めず、CSM で声帯に達する喉頭侵入を 2 例、ペースト

B. 口腔底

	CSM	ペースト	合計
半量以上	2	0	2
半量未満	1	0	1
痕跡程度	2	1	3
なし	37	41	78
合計	42	42	84

$p=0.066$

D. 梨状窩

	CSM	ペースト	合計
半量以上	0	0	0
半量未満	15	11	26
痕跡程度	9	14	23
なし	18	17	35
合計	42	42	84

$p=0.536$

表 4. Penetration-aspiration scale

	CSM	ペースト	合計
1	40	38	78
2	0	0	0
3	0	2	2
4	1	1	2
5	1	1	2
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
合計	42	42	84

$p=0.751$

トで声帯に達しない喉頭進入 2 例、声帯に達する喉頭侵入 2 例を認めた ( $p=0.751$ , 表 4)。

## 考察

### 1. 咀嚼嚥下訓練用食品としての妥当性

CSM は直接訓練において、特に咀嚼嚥下を引き出すことを目的として開発された食品である。通常の食品では、その物性により咀嚼すると咽頭内で散らばり、誤嚥を誘発する場合がある。また、水分と固形物の両方を含む二相性食品では流動性の高い部分が咀嚼により早期に下咽頭に流れ込むことが報告 [7-9] されており、この状況は摂食嚥下障害患者では容易に誤嚥を誘発することが考えられる。そこで CSM は、1) 咀嚼を必要とする硬さを有し、咀嚼と食塊形成および咀嚼による食塊移送 (stage II transport) を引き出す、2) 咀嚼によって誤嚥の危険が低いペースト状となって嚥下されることをコンセプトとして開発された。

咀嚼嚥下障害患者を対象として実施した本研究において、咀嚼回数は CSM がペーストに比し有意に多かった。嚥下反射開始時の食塊位置は CSM、ペーストともに喉頭蓋谷にあるものが多かった。嚥下回数は CSM、ペーストともに 2 回程度で、いずれも誤嚥を認めなかった。この結果から、摂食嚥下障害患者において、CSM は適切に咀嚼を誘発し、咀嚼による食塊形成、食塊移送から嚥下までの一連の運動を再現できたと考える。

食塊の口腔・咽頭残留の程度は CSM、ペーストともに痕跡程度～半量未満であり、梨状窩残留の割合に差を認めなかったことから、嚥下反射直前の CSM の物性はペーストと同等であり、咽頭収縮力の低下があると考えられる摂食嚥下障害患者においても容易に嚥下できる物性であることが推察された。

喉頭進入の頻度が CSM、ペーストで差を認めなかったことから、CSM は咀嚼中の唾液との混和による過度の液化化や凝集性の低下は生じず、ペーストと同等の物性を有すると考えられた。

### 2. 摂食嚥下障害のない施設入所高齢者と摂食嚥下障害患者との比較

われわれは摂食嚥下障害がなく、常食を摂取してい

る施設入所高齢者 23 名 (年齢  $83 \pm 9$  歳) に対して同様の研究を行い、過去に報告した [15]。施設入所高齢者と摂食嚥下障害患者では、ペーストと比較して CSM で咀嚼回数が有意に多いこと、残留は舌背、喉頭蓋谷、梨状窩に認められたが、いずれも痕跡程度～半量未満で CSM とペーストで差を認めないことが共通していた。一方相違点として、ペーストの嚥下反射開始時の食塊先端位置が、施設入所高齢者では口腔内が最多 (40.6%) であるが、摂食嚥下障害患者では喉頭蓋谷領域が最多であったこと、摂食嚥下障害患者の咀嚼回数が CSM、ペーストともに施設入所高齢者と比較して多いことがあげられた。

摂食嚥下障害患者でペーストにおける嚥下開始時の食塊先端位置が喉頭蓋谷領域で最多となった理由として、stage II transport の頻度の増加と食塊の早期咽頭流入の増加を考えた。摂食嚥下障害患者では舌機能の低下によって食塊形成、口腔から咽頭への食塊移送が障害される [16-18] ことが報告されている。したがって、口腔機能が保たれている高齢者のように、口腔に保持した食塊を一口で嚥下できず、複数回の送り込みを要するために嚥下反射開始までに食塊が喉頭蓋谷に到達したと考えられた。また一方で、咀嚼中に舌と軟口蓋の接触が保てず、食塊の早期咽頭流入の頻度が高くなることが考えられた。

### 3. CSM の適応

本製品は咀嚼嚥下訓練を目的とするため、1) 固形物が口腔内に入ったことを認識し、咀嚼を開始できる程度の意識レベルを有すること、2) 指示に従って咀嚼が行える理解力があること、3) 咀嚼中の早期咽頭流入を助長するようなりクライニング位を必要としないことが訓練の必要条件と考える。

### 4. 本研究の限界

本研究の結果として、CSM は咀嚼を誘導することができ、咀嚼後の物性はペーストと同等の安全性で摂取できることを示したが、CSM を用いた咀嚼嚥下訓練をどの程度の摂食嚥下障害重症度の患者に用いることができるかは明らかにできていない。

咀嚼はすりつぶしの動きを含めた顎と舌の協調した運動であるが、視診では顎と舌の協調した運動の有無を区別することは困難であるため、下顎の上下運動を咀嚼回数として計測した。

## 謝辞

稿を終えるに臨み、本研究にご協力いただきました藤田保健衛生大学病院リハビリテーション部各位に厚く御礼申し上げます。

## 文献

1. Logemann JA. Evaluation and treatment of swallowing disorders. 2nd ed. Austin Texas: Pro-Ed; 1998.
2. Dodds WJ, Stewart ET, Logemann JA. Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallowing. AJR Am J Roentgenol 1990; 154: 953-63.
3. Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AW. Coordination of mastication and swallowing. Dysphagia

- 1992; 7: 187–200.
4. Hiiemae KM, Palmer JB. Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 1999; 14: 31–42.
  5. Palmer JB. Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 691–6.
  6. Matsuo K, Saitoh E, Takeda S, Baba M, Fujii W, Onogi K, et al. Effects of gravity and chewing on bolus position at swallow onset. *Jpn J Dysphagia Rehabil* 2002; 6: 65–72. Japanese.
  7. Saitoh E, Shibata S, Matsuo K, Baba M, Fujii W, Palmer JB. Chewing and food consistency: effects on bolus transport and swallow initiation. *Dysphagia* 2007; 22: 100–7.
  8. Takeda S, Saitoh E, Matsuo K, Baba M, Fujii W, Palmer JB. Influence of chewing on food transport and swallowing. *Jpn J Rehabil Med* 2002; 39: 322–30. Japanese.
  9. Kang SH, Kim D, Seo K, Seo JH. Usefulness of video fluoroscopic swallow study with mixed consistency food for patients with stroke or other brain injuries. *J Korean Med Sci* 2011; 26: 425–30.
  10. Baba M, Saitoh E. Indication of dysphagia rehabilitation. *Rinsho Reha* 2000; 9: 857–63. Japanese.
  11. Ozaki K, Kagaya H, Yokoyama M, Saitoh E, Okada S, Gonzalez-Fernandez M, et al. The risk of penetration or aspiration during videofluoroscopic examination of swallowing varies depending on food types. *Tohoku J Exp Med* 2010; 220: 41–6.
  12. Japan Care Food Conference. Available from: <http://www.udf.jp/about/table.html> (cited 2014 April). Japanese.
  13. Shoushokuhyou Notification, No. 277, June 23, 2011, Food Labeling Division, Consumer Affairs Agency, Government of Japan. Japanese.
  14. Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL. A penetration-aspiration scale. *Dysphagia* 1996; 11: 93–8.
  15. Nakagawa K, Matsuo K, Shibata S, Inamoto Y, Ito Y, Abe K, et al. Efficacy of a novel training food based on the process model of feeding for mastication and swallowing — a preliminary study in elderly individuals living at a residential facility —. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2014; 5: 72–8.
  16. Clark HM, Henson PA, Barber WD, Stierwalt JA, Sherrill M. Relationships among subjective and objective measures of tongue strength and oral phase swallowing impairments. *Am J Speech Lang Pathol* 2003; 12: 40–50.
  17. Poudroux P, Kahrilas PJ. Deglutitive tongue force modulation by volition, volume, and viscosity in humans. *Gastroenterology* 1995; 108: 1418–26.
  18. Lee JH, Kim HS, Yun DH, Chon J, Han YJ, Yoo SD, et al. The relationship between tongue pressure and oral dysphagia in stroke patients. *Ann Rehabil Med* 2016; 40: 620–8.