

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
—施設入居高齢者における予備的検討—

中川量晴,¹ 松尾浩一郎,¹ 柴田斉子,² 稲本陽子,³ 伊藤友倫子,²
安部和美,⁴ 石橋直人,⁴ 藤井航,⁵ 才藤栄一²

¹ 藤田保健衛生大学医学部歯科

² 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

³ 藤田保健衛生大学医療科学部リハビリテーション学科

⁴ 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製剤研究室

⁵ 藤田保健衛生大学七栗サナトリウム歯科

要旨

Nakagawa K, Matsuo K, Shibata S, Inamoto Y, Ito Y, Abe K, Ishibashi N, Fujii W, Saitoh E. 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: 72-78.

【目的】今回われわれは咀嚼嚥下訓練用食品として開発した chew swallow managing food (CSM) の物性の妥当性と安全性を確かめることを目的に検討を行った。

【方法】常食摂取している施設入居高齢者 23 名 (平均年齢 82.8±8.6 歳) を対象とした。CSM とペースト食それぞれ 4g を 3 回ずつ摂取し、一口ごとの咀嚼および嚥下回数と嚥下直前の食塊先端位置、口腔と咽頭での嚥下後の残留の程度と誤嚥の有無を評価し、CSM とペースト間での差異を検討した。

【結果】CSM において、咀嚼回数、嚥下回数ともに有意に増加し、また食塊先端は有意に咽頭遠位まで送り込まれていた。残留と誤嚥については、CSM とペーストとの間に有意差を認めなかった。

【結論】本結果より、CSM は咀嚼を要する食形態を有し、かつ嚥下時にはペーストと同等の性状になる可能性が示された。今後、嚥下障害者に対する咀嚼嚥下訓練用食品としての有用性を検証していく予定である。

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: 松尾浩一郎

藤田保健衛生大学医学部歯科

〒470-1192 愛知県豊明市香掛町田楽ヶ窪 1-98

E-mail: kmatsuo@fujita-hu.ac.jp

2014年6月12日受理

利益相反: 本研究は、株式会社大塚製薬工場の研究助成により遂行された。

はじめに

摂食嚥下障害は、低栄養や誤嚥性肺炎などの重篤な合併症の危険性を高める [1, 2]. そのため、摂食嚥下障害の重症度にあわせて食物形態を調整することが、安全な経口摂取と呼吸器合併症予防につながる [3]. 近年、日本摂食嚥下リハビリテーション学会では嚥下調整食の分類が定義され [4], またその国際比較も行われるようになった [5].

重度摂食嚥下障害者への嚥下調整食は、丸飲みすることを前提としたゼリーやペーストなどの一様の物性を特徴とする。これらの食物形態では、咀嚼やそれに伴う舌の運動などは必要なく、4期連続モデルに基づいた命令嚥下に準じた嚥下を目的としている [6]. 命令嚥下では、食物はいったん舌背上に食塊として保持され、嚥下が始まると一気に咽頭から食道へと送り込まれていく。

一方、軽度の摂食嚥下障害者に対する嚥下調整食は、咀嚼を必要とする物性を有しており、ある程度の咀嚼能力が必要となる [4]. このような咀嚼が必要な食物を摂取するときには、プロセスモデルに準じたプロセスが行われる [7]. 口腔内に捕食された食物は、咀嚼運動により粉碎され、唾液と混ぜ合わさる。咀嚼された食物は舌背上にのせられ、咀嚼中に舌の Squeeze back という運動により咽頭へと徐々に送り込まれ、嚥下まで喉頭蓋谷で食塊形成される [8].

咀嚼嚥下機能の低下した重度嚥下障害者への直接訓練は、通常物性が均一で咀嚼を要しない食物から開始され、機能回復とともに食物形態も咀嚼を必要とする形態へと変化する。しかし、丸飲み嚥下を前提としたペーストやゼリーと咀嚼嚥下を前提とした軽度嚥下調整食の間には食物が咽頭へと送り込まれるまでの運動に乖離があると考えられる。ゼリーやペーストは、嚥下機能の訓練には適しているが、咀嚼から送り込み、嚥下に至る一連のプロセスの訓練としては適していない。また、咀嚼訓練として、スルメやガーゼに包んだガムなどを咬む訓練が提唱されているが、これらの訓練では咀嚼運動のみをターゲットとしており、舌の回転運動や送り込みの動きについては考慮されていない。

い。そこで、われわれは、直接訓練の開始時期から咀嚼嚥下を考慮した訓練食品があれば、実際の咀嚼嚥下への転移性の高い直接訓練が行え、より効率的に咀嚼嚥下機能の改善が見込まれると仮説を立てた。この訓練食品の要件として、咀嚼が必要な硬さを有するが、咀嚼することで送り込みと食塊形成が行え、嚥下時にはペーストと同等の性状になることと考え、咀嚼嚥下訓練用食品 chew swallow managing food (CSM) を開発した。

本検討では、咀嚼嚥下訓練用食品として、物性の妥当性と安全性を確かめることを目的とした。摂食嚥下障害のない施設入居高齢者を対象に、CSM の咀嚼嚥下の動態をペースト状の食物と比較検討した。

方法

本研究は、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

某施設に入居し、常食を摂取している高齢者を対象とした。選択基準として、常食を摂取し、過去に摂食嚥下障害や誤嚥性肺炎の既往のない者とした。除外基準として、全身状態が不安定、口腔、咽頭の構造異常を有する、口頭での指示に応じることができない、食物アレルギーがある、臼歯部咬合がないこととした。また、研究に先立ち、研究内容を本人に説明し、文書での同意が得られた者を対象とした。また認知機能の低下を認める場合は、本人と家族に説明し、本人と家族から同意が得られた者のみを対象とした。

最終的に施設入居者のうち 23 名(平均 82.8±8.6 歳、男性 13 名、女性 10 名)が対象となった。対象者の主たる基礎疾患は、認知症 13 名(57%)、脳血管疾患 6 名(26%)、神経筋疾患 3 名(13%)、心疾患 1 名(4%)であった。

2. 方法

2-1. 咀嚼嚥下訓練用食品(chew swallow managing food: CSM)の開発

CSM の要件として、口腔に入れたときに咀嚼が必要な硬さを有するが、咀嚼することで送り込みと食塊形成が行え、嚥下時にはペーストと同等の性状になることとした。開発品の硬さについては、消費者庁による「特別用途食品えん下困難者用食品(許可基準 III)」の上限値 $2.0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 以上が咀嚼を要する硬さと考え、CSM の硬さの下限値とした [9]。一方、CSM の

硬さの上限値は、「ユニバーサルデザインフード(UD)」に示された噛む力を参考に、歯茎でつぶせる硬さである UD2 の上限 ($5.0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) とした [10]。硬さが下限と上限の間であれば、十分な咀嚼回数が確保できることを、試作品を用いた官能評価にて確認した。付着性、凝集性については咀嚼の必要性や咀嚼回数に対して大きな影響を与えないと考え、目標範囲を設けなかった。なお CSM は、食品衛生法に基づき株式会社大塚製薬工場により製造されたものを用いた。CSM の物性を表 1 に示す。

2-2. データ採取

対象者は、安静な座位姿勢を取り椅子に座った。咽頭での食物の送り込み、嚥下のタイミングや咽頭残留などを観察するために、嚥下内視鏡検査(VE: videoendoscopic examination of swallowing)を実施し、デジタルビデオ(DV)テープに記録した。鼻咽腔ファイバースコープ(直径 3.6 mm, ENF TYPE P4, オリンパス社製)を右鼻から経鼻的に挿入し、内視鏡先端を軟口蓋の後方に位置させ、咽頭腔を観察した。また、対象者が食品を摂取している様子と VE の映像が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(図 1)。

被験食品として、CSM とペーストそれぞれ 4g を準備した。ペーストの物性を表 1 に示す。被験者は、内視鏡を挿入した状態で、両食品を 3 回ずつ摂取した。介助者が被験食品を口腔まで持っていき、被験者が食品を口唇で捕食した後は、自由摂取とした。試行は、それぞれの食品 3 回を 1 セットとし、両食品の摂食の順番はランダムとした。試行間に口腔内や咽頭に残留を認めた場合は、3cc の水を嚥下してもらい、残留を除去してから次の試行に移った。

2-3. データ処理

2-3-1. 嚥下回数と咀嚼回数

VE 上で嚥下に伴うホワイトアウトを嚥下と定義し、各被験食品ごとの嚥下回数を計測した。また、捕食してから 1 回目の嚥下までの咀嚼回数を咀嚼回数と定義した。咀嚼運動と VE 上の嚥下を外部カメラで確認し、咀嚼回数を計測した(図 1)。

2-3-2. 嚥下直前の食塊先端の位置

VE 上で、1 回目の嚥下直前の食塊先端の位置を同定した。食塊先端の位置は、Matsuo らの報告を参考に 5 部位に分類した [11]。1) 口腔、VE で観察されない状態。2) 中咽頭、VE 上で観察されるが先端は喉頭蓋基部に達していない状態。3) 喉頭蓋谷、喉

表 1. 咀嚼嚥下訓練用食品およびペースト食の物性測定結果

物性	CSM*			ペースト**
	黒糖	だし	醤油	
硬さ (N/m^2)	4.2×10^4	3.9×10^4	3.7×10^4	2.6×10^3
凝集性	0.4	0.4	0.4	0.8
付着性 (J/m^3)	1.8×10^3	1.8×10^3	1.5×10^3	7.9×10^2

* 消費表第 277 号による測定

** ユニバーサルデザインフードの「かたさ」測定

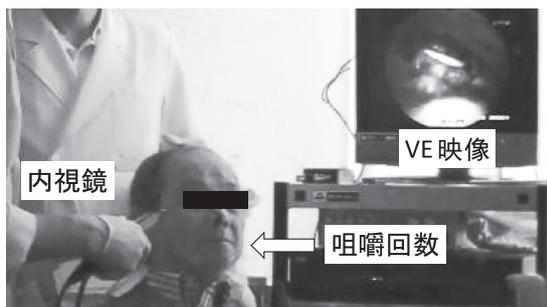


図1. 対象者が食品を咀嚼嚥下するところとVEの映像を同時に記録し、嚥下までの咀嚼回数を計測した。

頭蓋谷基部に達しているが、下咽頭には進入していない状態。4) 下咽頭、下咽頭に進入しているが梨状窩底までは達していない状態。5) 梨状窩底、梨状窩底まで達している状態。

2-3-3. 残留と誤嚥

口腔と咽頭の残留を定性的に評価した。残留の程度は、Yokoyamaらの報告をもとに、1) なし、2) 点状、痕跡程度、3) 半量未満、4) 半量以上の4段階とした [12]。口腔については、1 試行ごとに最終嚥下後の舌背上と口腔底を直視下で評価した。咽頭腔については、VEの映像から1回目の嚥下後と最終嚥下後における喉頭蓋谷と梨状窩の残留を評価した。

喉頭侵入および誤嚥については、VEの映像上でPenetration-Aspiration Scale (PAS) [13] を用いて評価した。PASは、誤嚥したものの深さによって8段階になっており、1が喉頭侵入なし、2～5までが喉頭侵入あり、6～8までが誤嚥となっている。

2-4. データ解析

CSMとペーストとの間で、咀嚼および嚥下回数、嚥下反射惹起直前の食塊先端の位置が異なるかWilcoxon検定を用いて解析した。また、残留については χ^2 検定を使用し、PASについては、Wilcoxon検定を使用した。統計学的分析にはIBM SPSS Statistics 21.0 (IBM社製) を使用し、統計学的有意水準は $p=0.05$ とした。

結果

平均(±SD)嚥下回数は、ペーストで1.23±0.46回、CSMで1.49±0.63回とCSMで有意に増加していた($p=0.004$, 図2A)。また、1回目の嚥下までの平均咀嚼回数は、ペーストでは2.30±2.07回であったが、CSMでは16.9±10.1回と有意に増加していた($p<0.001$, 図2B)。

嚥下前の食塊先端位置は、ペーストでは、口腔が一番多く(40.6%, 28/69)、次いで中咽頭が23.2%、喉頭蓋谷が21.7%となり、下咽頭以遠が14.5%であった(図3)。一方、CSMでは、喉頭蓋谷まで達する例が一番多く、39.1%を占めていた。ついで口腔内が24.6%であり、下咽頭以遠は20.2%であった。嚥下直前の食塊先端位置は、CSMのほうがペーストよりも遠位に位置していた($p=0.003$)。

口腔内の残留は、舌背、口腔底ともにCSMとペーストとの間に有意差を認めなかった。咽頭残留につい

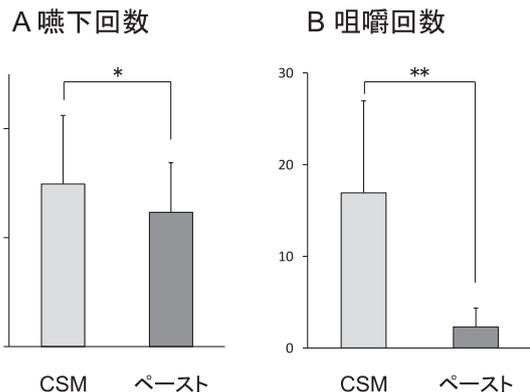


図2. CSMとペーストの(A)平均(±SD)嚥下回数と(B)1回目の嚥下までの平均咀嚼回数。嚥下回数、咀嚼回数ともにCSMで有意に増加していた(嚥下回数* $p=0.004$, 咀嚼回数** $p<0.001$)。

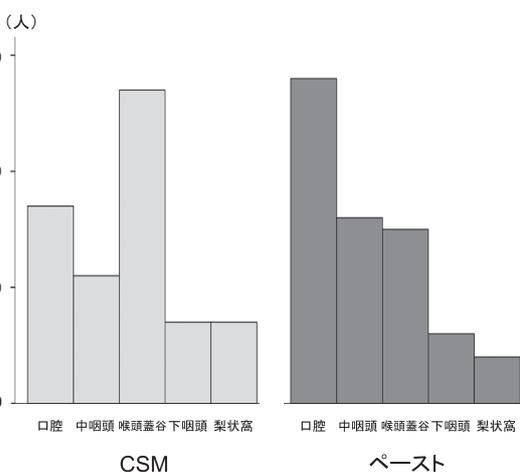


図3. CSMとペーストの嚥下直前の食塊先端位置の分布。ペーストでは、嚥下前には口腔内で一番多く保持されていたが、CSMでは喉頭蓋谷まで達する例が一番多く見られた($p=0.003$)。

ては、1回目の嚥下後および最終嚥下後の残留ともにCSMとペーストとの間に有意差を認めなかった(図4A, B)。

PASについては、CSMとペーストともに喉頭侵入に至らない試行が全体の95%以上をしめ、CSMとペーストの間に有意差はなかった($p=0.083$, 図5)。CSMとペーストいずれも誤嚥は確認されなかった。

考察

1. 咀嚼嚥下訓練用食品(chew swallow managing food : CSM)の開発

われわれは、直接訓練のなかで咀嚼を含めた一連の嚥下運動を実践することにより、咀嚼を必要とする食事形態に早く移行することができると仮説を立てた。ただし、咀嚼を要する食品は、その物性によっては咽頭内で散らばり誤嚥を誘発する可能性がある。また、水分と固形物の両方を含む二相性食品は咀嚼により、嚥

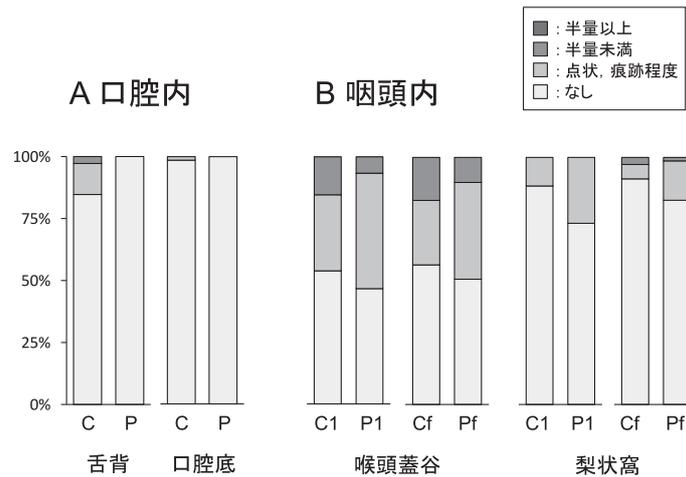


図4. 嚥下後の(A)口腔内の残留および(B)咽頭残留。1, 初回嚥下後の残留程度；f, 最終嚥下後の残留程度。嚥下後の残留は、口腔内、咽頭腔ともにCSMとペーストとの間に有意差を認めなかった。

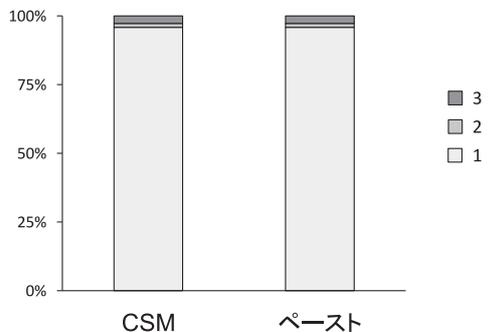


図5. Penetration-Aspiration scale (PAS). CSM, ペーストともに誤嚥は認めず、それぞれ3例で喉頭侵入を認めたのみであった。1：喉頭侵入しない、2：喉頭侵入があるが声門に達せず排出される、3：喉頭侵入があるが声門に達せず排出もされない。

下反射開始前に食塊が下咽頭に達することが報告されている [14]. このような状態は摂食嚥下障害者では誤嚥を容易に誘発することが考えられる。そこで、嚥下直前には誤嚥の危険が低いペースト状となるが、捕食の段階では咀嚼が必要な硬さを有し、咀嚼することで食塊形成と stage II transport が起こることをコンセプトとして、咀嚼嚥下訓練用食品 (chew swallow managing food : CSM) を開発した。

CSMの物性は、摂食嚥下障害者の嚥下しやすさを示した消費者庁による「特別用途食品えん下困難者用食品」および、嚥む力を示した日本介護食品協議会による「ユニバーサルデザインフード (UD)」を参考に設定した [9, 10]. CSMの硬さは、やわらかいペースト状またはゼリー寄せ等の食品を想定したえん下困難者用食品の許可基準 III の上限 ($2.0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) 以上から、「ユニバーサルデザインフード (UD)」における歯茎でつぶせる硬さである UD2 の上限 ($5.0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) までの範囲にあった。本研究の結果から CSM はペーストに比べ、十分な咀嚼回数を得られており、目的とした咀嚼が必要な硬さを有していた。

また、咀嚼が必要な食品は、咀嚼中の唾液との混和により硬さが低下し、嚥下前に付着性と凝集性が高くなるとされている [15, 16]. CSMの咀嚼中の送り込みについては、咀嚼により硬さが低下し、嚥下前にゼリーまたはムース状の食品を想定したえん下困難者用食品の許可基準 I~II の範囲内の物性に移行することを目的とした。その際に、咀嚼中の唾液との混和により液化化することなく、かつばらつかない程度の凝集性になることも考慮した。本検討では、嚥下後の口腔、咽頭での残留や誤嚥の程度において CSM はペーストと有意な差を認めなかったため、CSMの嚥下までの物性変化では、極度の液化化や凝集性の低下は起こっていなかったと考えられた。

2. 咀嚼嚥下訓練用食品としての有用性

咀嚼回数と嚥下回数ともにペーストよりも CSM で有意に増加していた。今回、被験食品として使用したペーストと CSM では捕食から嚥下までのプロセスが異なると考えられる。ペーストを一口ずつ食するときには、基本的に4期連続モデルに準じた飲み込み方になる [6]. いったん舌背上に捕食されたペーストがそのまま口腔内で保持され、その後一気に咽頭、食道へと送り込まれる。その物性のため咀嚼はあまりされず、一塊として嚥下されるため、嚥下回数が相対的に少なくなる。一方、CSMでは咀嚼を必要とする物性を有しているため、プロセスモデルに準じ、咀嚼から stage II transport を経て嚥下までのプロセスをたどると考えられる。咀嚼回数は有意に増加し、咀嚼された食片が舌背上でまとめられてから徐々に咽頭に送り込まれ嚥下が起こるので、嚥下回数もペーストと比べて相対的に増加していたと考えられる。本製品の開発目的は、咀嚼嚥下への転移性が高いということである。咀嚼回数的大幅な増加とそれに伴う嚥下回数の増加は本製品の咀嚼嚥下訓練食品としての有用性が示されたと考えられる。

嚥下開始時の食塊先端の位置は、CSMでより遠位に位置していた。丸飲み嚥下の場合、通常、嚥下開始

まで口腔内で保持される。今回の検討においても、ペーストにおける嚥下開始時の位置は、口腔内が一番多く、40%程度を占めていた。一方、CSMの場合、咀嚼中の stage II transport で、食塊の先端はより高頻度に咽頭腔へと達すると考えられる。その結果、CSMでは、嚥下前の食塊先端は、55.0%の症例で中咽頭から喉頭蓋谷に達していた。本結果より、CSMの咀嚼嚥下では、咀嚼回数が増加するだけでなく、咽頭への送り込み (stage II transport) がより起こりやすくなることが示唆された。CSMは咀嚼に特化した訓練でもなく、嚥下に特化した訓練でもない、咀嚼嚥下のプロセスに準じた訓練が行える可能性が示唆された。

嚥下訓練を行う上で、転移性は重要なポイントとなる。摂食嚥下機能訓練では間接訓練としていくつか有用な筋力増強訓練が報告されている [17, 18]。摂食嚥下機能にとって、口腔、咽頭の最低限の筋力は必要不可欠であり、筋力訓練は重要なレジメとなる。しかし、間接訓練の嚥下運動に対する転移性は低く、筋力訓練だけではその機能を高めることは難しいことも明らかである [19]。直接訓練の重要性の一つとして、訓練の転移性が考えられる。ペーストやゼリーなどの食品は、嚥下訓練の開始食と位置づけられている。しかし、これらの食品は、いわゆる“嚥下”機能への訓練にはなるが、“咀嚼嚥下”への訓練とは言いがたい。CSMが咀嚼を引き起こし、嚥下前の咽頭への送り込みを誘発していた今回の結果は、CSMによって咀嚼嚥下機能を効率的に訓練できる可能性が示唆された。

3. 咀嚼嚥下訓練用食品としての安全性

本結果では、口腔内や咽頭腔での嚥下後の残留に有意差を認めなかった。嚥下後の残留には、被験者本人の口腔、咽頭機能の要素とともに食物の物性が影響する。付着性が高いと咽頭残留の可能性は高くなり、凝集性が低いと口腔内残留や誤嚥のリスクが高くなる。CSMでは咀嚼によって食片が口腔内や咽頭で散らばる可能性があったが、本検討ではCSMの検査食品としての残留はペーストとの有意差を認めなかった。また、PASの値はペースト、CSMの両者でほぼ同結果となり、両被験食品ともに誤嚥は認めなかった。本予備試験の対象者は、普段常食を摂取している施設入居の高齢者であったために、本製品の摂食嚥下障害者への真の安全性については担保することはできない。しかしながら、CSMの咀嚼訓練食品としての有用性は示され、また本検討での対象者において、ペーストと同等の残留や誤嚥のリスクであることが示された。

嚥下前に達する食塊先端の位置は、咀嚼や食物の物性により影響を受ける [14]。CSMではペーストと比較して有意に咽頭遠位に食塊が達していた。また、7例 (10%) の症例では、梨状窩底にまで達していた。これにより、気道防御の弱い摂食嚥下障害者において誤嚥のリスクが高まる可能性が考えられる。しかし、CSMは、粘性が低い二相性食品 [14] のような物性は有していない。咀嚼能力が低下している高齢者では、咀嚼回数と時間が延長している可能性があり、咀嚼時間の延長に伴い、食塊がより高頻度で下咽頭にまで達したかもしれない。今後臨床応用される際に、咀嚼が延長するような対象者の場合には注意が必要だと思われる。

結論

新しく開発したCSMは、ペーストと比較して有意に咀嚼回数と嚥下回数が増加し、咽頭への送り込みも高頻度で起こっていた。また、残留、喉頭侵入の頻度はペーストとほぼ同程度であった。本研究の結果から、CSMは咀嚼を誘発するがペーストと同等の安全性をもつ咀嚼嚥下訓練用食品として位置づけることができた。今後、摂食嚥下障害者に対する咀嚼訓練食としての有用性を検証していく予定である。

文献

1. Poisson P, Laffond T, Campos S, Dupuis V, Bourdel-Marchasson I. Relationships between oral health, dysphagia and undernutrition in hospitalised elderly patients. *Gerodontology*. 2014.
2. Serra-Prat M, Palomera M, Gomez C, Sar-Shalom D, Saiz A, Montoya JG, et al. Oropharyngeal dysphagia as a risk factor for malnutrition and lower respiratory tract infection in independently living older persons: a population-based prospective study. *Age Ageing* 2012; 41: 376–81.
3. Robbins J, Gensler G, Hind J, Logemann JA, Lindblad AS, Brandt D, et al. Comparison of 2 interventions for liquid aspiration on pneumonia incidence: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2008; 148: 509–18.
4. Fujitani J, Uyama R, Ogoshi H, Kayashita J, Kojo A, Takahashi K, et al. Classification of type food for dysphagia patients by the Japanese Society of Dysphagia Rehabilitation 2013. *Jpn J Dysphagia Rehabil* 2013; 17: 255–67. Japanese.
5. Cichero JA, Steele C, Duivesteyn J, Clave P, Chen J, Kayashita J, et al. The need for international terminology and definitions for texture-modified foods and thickened liquids used in dysphagia management: foundations of a global initiative. *Curr Phys Med Rehabil Rep* 2013; 1: 280–91.
6. Logemann JA. Evaluation and treatment of swallowing disorders. 2nd ed. Austin Texas: Pro-Ed; 1998.
7. Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AW. Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia* 1992; 7: 187–200.
8. Hiiemae KM, Palmer JB. Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 1999; 14: 31–42.
9. Shoushokuhyou Notification, (No. 277, June 23, 2011, Food Labeling Division, Consumer Affairs Agency, Government of Lapan. Japanese.
10. Japan Care Food Conference. Available from: <http://www.udf.jp/about/table.html> (cited 2014 April). Japanese.
11. Matsuo K, Kawase S, Wakimoto N, Iwatani K, Masuda Y, Ogasawara T. Effect of viscosity on food transport and swallow initiation during eating of two-phase food in normal young adults: a pilot study. *Dysphagia* 2013; 28: 63–8.
12. Yokoyama M, Okada S, Baba M, Saitoh E, Shigeta R, Suzuki M, et al. A new jelly —type food for dysphagia patients —study on its usage in direct therapy. *Jpn J*

- Dysphagia Rehabil 2005; 9: 186–94. Japanese.
13. Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL. A penetration-aspiration scale. *Dysphagia* 1996; 11: 93–8.
 14. 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.
 15. Shiozawa K, Kohyama K, Yanagisawa K: Relationship between physical properties of a food bolus and initiation of swallowing. *Jpn J Oral Biol* 2003; 45: 59–63.
 16. Shiozawa K, Kohyama K: Effects of addition of water on masticatory behavior and the mechanical properties of the food bolus. *J Oral Biosci* 2011; 53: 148–157.
 17. Shaker R, Easterling C, Kern M, Nitschke T, Massey B, Daniels S, et al. Rehabilitation of swallowing by exercise in tube-fed patients with pharyngeal dysphagia secondary to abnormal UES opening. *Gastroenterology* 2002; 122: 1314–21.
 18. Robbins J, Kays SA, Gangnon RE, Hind JA, Hewitt AL, Gentry LR, et al. The effects of lingual exercise in stroke patients with dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 150–8.
 19. Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2006; 1: 74–83.