

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K20854

研究課題名(和文) 口腔機能と食形態のマッチングのための標準的な食塊潤滑性評価法の開発

研究課題名(英文) Development of standard tool for measuring food bolus lubrication.

## 研究代表者

田中 恭恵 (Tanaka, Yasue)

東北大学・歯学研究科・助教

研究者番号：50613064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：嚥下は、食品粒子が咀嚼によって粉碎され、その構造が変化することに加え、食塊が唾液と混ざられ潤滑性が増大することによって引き起こされると考えられている。先行研究において、我々は、ウシ食道粘膜を用いて食塊の潤滑性を計測した。しかしながら、ウシ食道粘膜は経時的な変化や個体差が大きく、標準化が困難であるという問題点が明らかとなった。本研究課題では、ウシ食道粘膜の代わりに人工チューブを使用した計測装置を開発し、食塊の潤滑性を評価した。試験食品の水分量の増加に伴って、チューブの牽引力の最大値が減少した。これらの結果から、本研究で開発された装置による計測結果は、食塊の潤滑性を反映するものであると推察された。

研究成果の概要(英文)：The initiation of swallowing has been thought to depend on two independent threshold; for food structure by reduction of the particle size of solid foods, and for lubrication by saliva and any juice. In previous study, we developed a method for measuring lubrication of food bolus by using mucous of esophagus obtained from a freshly slaughtered beef calf. However, it was difficult to standardize this method, because the property of membrane changed over time and there was considerable individual variability. In this study, we developed new method using artificial tube in place of mucous of esophagus, and measured lubrication of food bolus. The maximum value of pull force was gradually reduced with increasing the mass fraction of water in test foods. These results suggest that the new device developed in this study may permit determination of lubrication of food bolus.

研究分野：老年歯科

キーワード：嚥下 介護食 潤滑性 テクスチャー

## 1. 研究開始当初の背景

老年期、種々の全身疾患・歯の欠損・筋力低下などを背景に頻発する顎口腔系の機能低下は、誤嚥や窒息の危険性を高め、摂取できる食品の選択幅を狭め、QoL の低下をもたらす。誤嚥や窒息はときに致死的であり、摂食嚥下機能障害者において食形態を引き下げることには食の安全を確保するうえで不可欠である。しかし、誤嚥や窒息の危険を恐れるあまり過度に食形態を引き下げること、ADL・QoL 低下の危険を高めることから適切ではない。嚥下食を摂取群のエネルギー摂取量は常食摂取群と比較して有意に小さいと報じられており (Wright ら、2005)、これは常食に比べて柔らかく調理された食品は同一量の栄養の摂取に、より多量の食品摂取が必要であることや、単調な食感が食思を削ぎやすいためであると推察される。高齢者個々の摂食嚥下機能に応じた食形態の選択は、食の安全を確保するのみならず、低栄養や ADL、QoL の低下を防ぐうえで、きわめて重要である。

一方、全国の介護老人施設を対象とした摂食・嚥下障害者に提供する食形態の決定方法に関する調査研究は、大多数の施設がミールラウンズ (食事の食べ方や、飲み込みなどの視察) や本人・家族の意向の聴取を行う一方で、機能の客観的評価を実施する施設は少ないことを報じている (川上ら、2011)。高齢者個々の摂食嚥下機能を評価する適切な方法が知られていないことに加え、多くの基準や規格が乱立する介護食の段階と摂食嚥下機能低下との関係が必ずしも明瞭ではないことが、その背景にあると推察される。介護食を必要とする高齢者と、適切な食形態の介護食とのマッチングをはかるためには、介護食の摂取難易度ならびに摂食嚥下機能の双方に関して、適切な評価方法、評価基準の設定が必要である。

現在、咀嚼・嚥下機能の障害の程度に応じた食品が「介護食」として市場に供されており、これらのなかには国や企業団体が定めた物性の規格に準拠したものが多数含まれる。しかし、介護食の規格は食品それ自体についてのものであり、それが口腔における咀嚼や舌での押し潰しや、唾液との混和の過程でどう変化するかについて定められたものではない。Hutchings と Lillford が提唱した Dual threshold model (Hutchings and Lillford, 1988) によれば、食塊構造の変化ならびに粘膜に対する潤滑性の獲得が嚥下誘発における必須の要件である。すなわち、安全な嚥下の可否は口腔での食品加工後の食塊性状に依存するのであり、摂取の難易は口腔での食品加工の難易度ないし速度と密接に関連すると考えることができる。以上から考察すると、咀嚼・嚥下機能障害者に向けて提供される介護食は、提供される時点の物性よりも、むしろ口腔における加工による構造や潤滑性の変化のたやすさや速やかさに基づいて

評価、区分されることが妥当である。

潤滑性は、食塊と口腔粘膜の間の付着性や摩擦が、唾液などの水分の潤滑作用によって低下することで獲得される性質であり、食品単独の特性ではなく、食品・粘膜・唾液の相互作用に基づく性質である。今日、食塊の物性評価に頻用される評価指標で、潤滑性との関連が強いと考えられるのが TPA (texture profile analysis) (Bourne, 1978) による付着性であり、これは国が定める「えん下困難者用食品」の規格基準にも採用されている。しかし、食品に押し付けたステンレス製のプランジャーを食品から引き離す際、プランジャーが食品から受ける力を計測するこの方法による成績は、必ずしも口腔における食品の付着性や潤滑性を反映しない。たとえばプランジャーには容易に付着するガムが、唾液に覆われた天然歯や口腔粘膜には容易に付着しない。Seo ら (Seo ら、2007) はアクリル板の傾斜を一定速度で強め、その上に置いた食塊が板上の一定距離を滑り切った時点の傾斜角度で潤滑性を評価する方法を報じているが、この方法ではアクリル板と粘膜との食品に対する付着性の違いが無視できないという、食品を移送する力が重力を超えないことが問題である。in vitro で潤滑性を評価するためには、口腔から食道へと食塊を移送する力や、口腔粘膜の特性を再現した評価方法を開発、採用する必要がある。

先行研究で、我々は、食塊潤滑性と嚥下閾値との関係を明らかにするべく、ウシ食道から剥離した筒状の粘膜を口腔粘膜の代替とし、一定の推進力を食塊に与えた際の食塊の移送速度に基づいて潤滑性を評価する方法を新規に開発した。この方法により、食塊の含水率が咀嚼回数にほぼ比例して増大する一方で、食塊潤滑性は指数関数的な上昇を示し、上昇率の増大が嚥下閾と一致するさまが観察された。嚥下閾値に至った食塊は、咽頭内圧に相当する推進力により 100 mm/s を超える速度で移送され、この速度は咽頭括約筋の収縮の伝播速度に相当する。この知見は、食塊移送を可能にする潤滑性の獲得が嚥下惹起の要件である可能性が推察させるものであり、同時に申請者らの開発した潤滑性評価法の妥当性を示すものである。

しかし、ウシ食道粘膜内径の個体差や、測定中にも進行する粘膜の変性が、測定の再現性確保の障害であるも判明した。再現性を確保するためには、人工材料を用いた潤滑性評価手法の開発が望まれる。

## 2. 研究の目的

先行研究で、潤滑性評価のために使用したウシ食道粘膜の代替として、合成樹脂膜を用いた潤滑性評価装置を試作し、ウシ食道粘膜を用いた場合と良好な相関を示す、より再現性の高い潤滑性評価手法を開発する。

## 3. 研究の方法

### (1) 嚥下閾の官能評価

健常若年成人 10 名を被験者として、種々の水分量に調整したマッシュポテト（雪印メグミルク）を舌上に載せ、3 秒以内に嚥下できるかどうかを「嚥下できる」、「嚥下できない」、「どちらとも言えない」のいずれかで評価させた。

マッシュポテトは、水分量が重量比で 60、65、70、75、80、85%となるよう 6 種類を調整した。被験者 1 名につき、各水分量についてランダムに 3 回ずつ実施し、3 回の評価が「嚥下できる」と「どちらとも言えない」であった場合を“ positive ”、「嚥下できない」と「どちらとも言えない」であった場合を“ negative ”、すべて「どちらとも言えない」であった場合を“ neutral ”とした。

### (2) ウシ食道粘膜を用いた潤滑性評価

我々の先行研究で使用した、ウシ食道粘膜を用いた潤滑性評価装置を図 1 に示す。この装置では、付着する筋組織および粘膜下結合組織を可及的に削ぎ落したウシの食道粘膜をヒト口腔粘膜の代替として使用した。

疑似食塊（マッシュポテト）を筒状のウシ食道内に通し、2 本のローラーで挟んだ状態で一定の力（1.47 N）で牽引した。

牽引によりウシ食道粘膜が 150 mm 移動するのに要した時間を計測し、移動時間が短いほど潤滑性が大きいと判断した。水分量を 60、65、70、75、80、85%に調整したマッシュポテトを疑似食塊とし、60%場合の移動時間を基準として、水分量の増加による移動速度の増加割合を算出した。

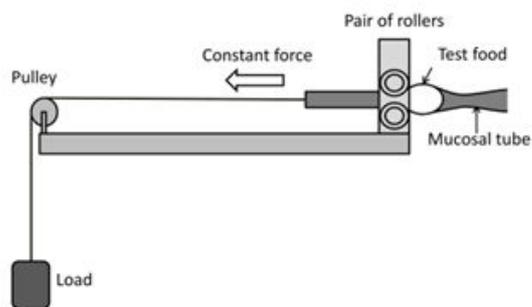


図 1

### (3) 人工チューブを用いた潤滑性評価装置の試作

ウシ食道粘膜の直径と近似した、内径 20mm である市販材料の中から、潤滑性の評価に適した材料を検索した。種々の市販材料の中から、柔軟性・弾力性に非常に優れていることから、NRK ユニチューブ RC-701（硬度 60°）を採用した。このチューブの内径は 20 mm、外形は 28 mm であった。

チューブをはさむローラーは、直径 28 mm、長さ 100 mm の、アルミ合金製ベアリング付き金属ローラーとした。2 本のローラーの

間隙が 8 mm（中心間距離 36 mm）となるよう、平行に設置した。（図 2）

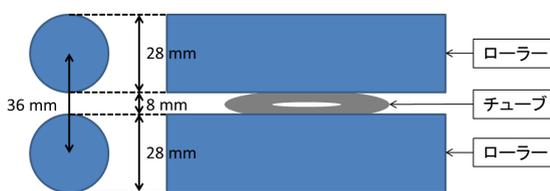


図 2

チューブは、2 本のローラーの間隙を通り、その先端は、金属製のワイヤーを介して上下方向にスライドする電動スライダーに連結した。スライダーが上方に移動すると、チューブが牽引される。スライダーにはロードセルが設置してあり、チューブを牽引する力を経時的に計測できる。装置全体の模式図を図 3 に示す。

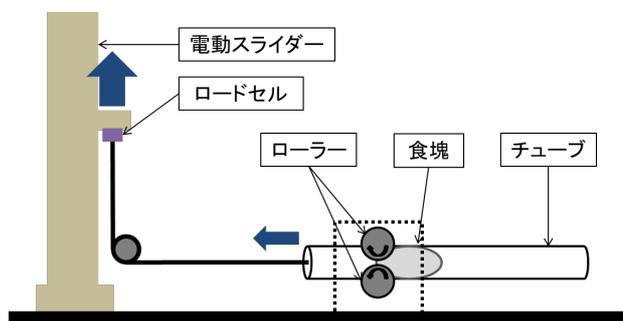


図 3

### (4) 人工チューブを用いた潤滑性評価装置による食塊潤滑性の計測

疑似食塊であるマッシュポテトは、水分量が 60、65、70、75、80、85%となるよう調整した。マッシュポテト 10 g をチューブ内に挿入し、図 3 の装置を用いて 1000 mm/min で 300 mm 牽引する間のロードセルの計測値から、各試料での最大値とその積分値を算出した。水分量ごとに 10 回ずつ計測し、平均と標準偏差を得た。

## 4. 研究成果

### (1) 嚥下閾の官能評価

マッシュポテトの水分量と嚥下可否に関する官能評価の結果を図 4 に示す。水分量が増加するに従い、「嚥下できる」と判断する被験者の割合が増加した。特に、水分量が 75%を超えるとその傾向が顕著であった。水分量 80%で「嚥下できない」と判断したのは 1 名の被験者のみであった。

### (2) ウシ食道粘膜を用いた潤滑性評価

マッシュポテトの水分量と、図 1 の計測装置を使用して評価した潤滑性の評価指標（移動速度の変化割合）の関係を図 5 に示す。水分量が 70%までは、移動速度に変化が認められないが、75%以上では、急激に移動速度が

増大していく傾向が認められた。これは、官能評価で、嚥下可能と判断した被験者が現れた水分量と一致していた。被験者が潤滑性の変化を嚥下可否の判断基準としている可能性が示唆された。

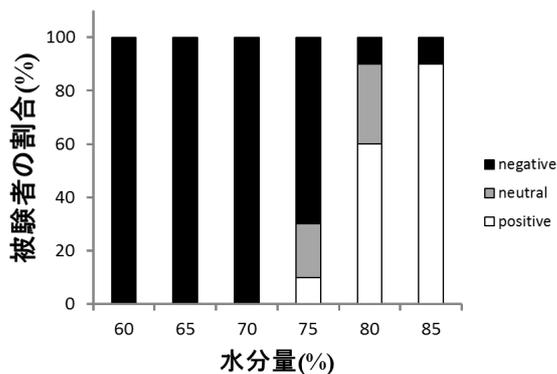


図 4

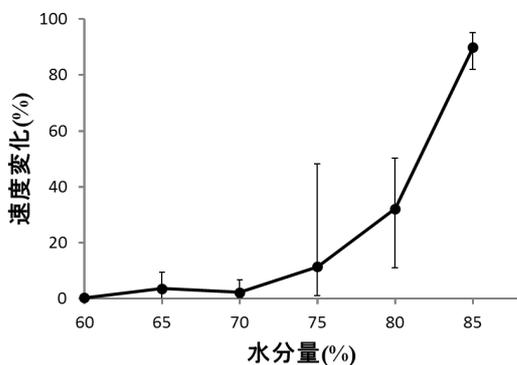


図 5

(3) 人工チューブを用いた潤滑性評価装置による食塊潤滑性の計測

マッシュポテトの水分量とロードセルで計測された牽引力の最大値の関係を図6に示す。水分量が75%を超えると牽引力の最大値が減少しており、本法を用いて潤滑性の変化が計測できる可能性を示唆するものであった。

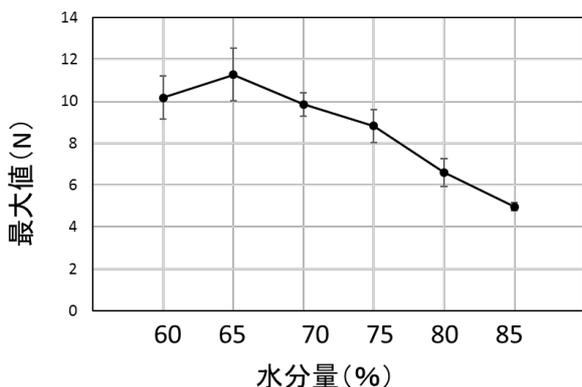


図 6

マッシュポテトの水分量とロードセルで

計測された牽引力の積分値の関係を図7に示す。積分値は、水分量の増加とともに単調に減少しており、潤滑性とは異なる性質を反映していると推察された。

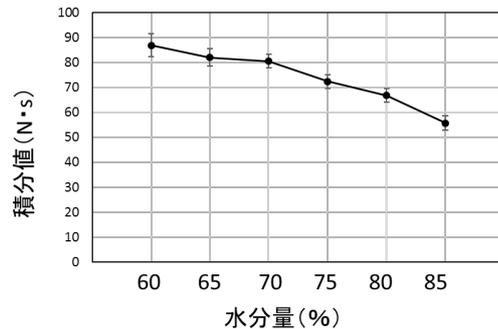


図 7

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

田中恭恵、古川奈緒、服部佳功、Do thickening agents for dysphagia management affect chewing efficiency in healthy individuals? 第4回 FOP 2016年7月3~6日、ローザンヌ(スイス)

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

田中 恭恵 (TANAKA, YASUE)  
 東北大学・大学院歯学研究科・助教  
 研究者番号: 50613064

#### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

#### (3) 連携研究者

( )

研究者番号:

#### (4) 研究協力者

( )