

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2014

課題番号：26670899

研究課題名(和文)食塊の口腔粘膜に対する潤滑性に基づく食品の被嚥下特性評価法の開発

研究課題名(英文)Development of swallowability test based on the lubrication of food bolus on the oral mucosa

研究代表者

服部 佳功(Hattori, Yoshinori)

東北大学・歯学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40238035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：食塊と粘膜の潤滑性に基づいて食塊の被嚥下特性を評価する方法を開発した。筒状の新鮮なウシ食道粘膜中に入れた食塊をローラーで挟んで、一定の力で引き絞り、粘膜中を食塊が移動する速度が、咽頭蠕動の伝播速度を超えた場合に、潤滑性を十分と評価する方法である。種々の水分量比で調製した即席マッシュポテトを被験食品に用い、本法にて潤滑性の評価を行ったところ、その結果は健常成人による嚥下可能性の官能評価の結果とよく一致し、本法の妥当性が確認された。

研究成果の概要(英文)：An in vitro method to evaluate swallowability of food bolus based on its lubrication on the mucosa was developed. A tubular mucous membrane obtained from an esophagus of a freshly slaughtered calf was used. The instrumental device consisted of a pair of rollers, a pulley, and a 150-g weight. A piece of food bolus placed into the mucosal tube was pulled at a constant force by the weight, and was squeezed through the tube with a pair of rollers. The average passing velocity of the bolus was calculated. The velocity greater than the maximum speed of pharyngeal peristalsis in non-dysphagic young adults (142 mm/s) was the index of sufficient lubrication. By using instant mashed potato reconstituted using different levels of water content as test food, we confirmed the conformity of the results of the lubrication test to those of the sensory evaluation of readiness for deglutition, suggesting the adequateness of the method.

研究分野：老年歯科学

キーワード：swallowability food bolus lubrication oral mucosa

1. 研究開始当初の背景

常食の摂取が困難な人々に向けて開発された介護食では、嚥下食塊の飲み込み易さは、最重要の要件のひとつである。本研究の目的は、規定速度で運動するブタ食道粘膜に、食塊を規定の力で押し付け、両者間の摩擦係数を計測することにより、食塊の粘膜に対する潤滑性を評価する方法を開発することである。潤滑性は、飲み込み易さの感覚との関連が指摘されながら、それを生体と同等の条件で評価する方法が未開発である。本研究で、食品の粘膜に対する潤滑性を評価する実用的な方法が新たに開発され、評価結果と飲み込み易さとの良好な関連が示されれば、介護食品の評価の現況に即して、社会的意義はきわめて大きい。

今日、摂食嚥下や消化吸収に係る機能に低下を来し、常食の摂取が困難な人々に対し、様々な用途や形態、栄養構成の食品群が提供されている。これら介護食と呼ばれる食品のなかには、硬さ、凝集性、付着性の基準が定められたえん下困難者用食品や、硬さと粘度に基づき区分されたユニバーサルデザインフードなど、機能障害の程度に対応した商品も含まれる。しかし、介護食の区分と咀嚼・嚥下の難易度(食べやすさ、飲み込みやすさ)との関係はなお不明瞭であり、介護食を必要とする個々人が障害の状態に応じて適切な介護食を選択できる状況にはほど遠い。

2. 研究の目的

本研究の目的は、食塊の口腔粘膜に対する潤滑性を食品の被嚥下特性の評価に用いる方法の開発にある。食品の特性は咀嚼の過程を通じて著しく変化する。このため摂取前の食品の特性は嚥下の難易度に反映され難く、被嚥下特性の評価は咀嚼後の食塊について行う必要がある。一方、食塊の易変形性や粘膜上での移送性と嚥下時の感覚との間の良好な関連が報じられており¹⁾、後者は嚥下誘発条件のひとつとされる食塊の口腔粘膜に対する潤滑性²⁾との関連が推察される(図1)。

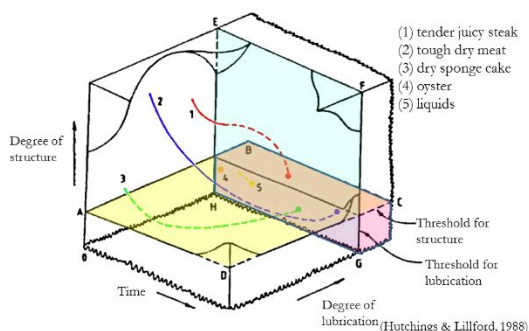


図1 Hutchings と Liiford の双閾値モデル
食塊が潤滑性と構造の二つの要件に関する閾値をとともに越えた時点で嚥下が生じるといふ。

申請者らも、食塊水分量が潤滑性を介して嚥下誘発に關与することを確認し、第51回日本顎口腔機能学会にて報告した。この点に関して、食塊を板に載せて板を徐々に傾け、食塊が滑走を始める角度を後者の指標にすることを提案する論文もあるが、これは直ちには受け入れ難い。Stribeck 曲線が示す通り、流体を介した接触面の潤滑は、介在する液体の粘性のほかに、物体間の力や相対速度に依存して変化する。しかし上述の方法では、口腔・咽頭にある食塊がそれらから受ける圧や、移送される速度に即した条件で、潤滑性を評価できないからである。一方、加圧下での粘膜間の動摩擦には、ブタの舌粘膜を回転する食道粘膜に押し付けた際の計測例³⁾があり、唾液による潤滑性が粘膜間の力により変化するさまが捉えられている。但し、この研究は食塊の咽頭通過速度に相当する速度での計測には成功していない。

3. 研究の方法

本研究では、咀嚼の過程で吐出させた食塊を筒状のウシ食道粘膜に入れ、ローラーに挟んで一定の力で引き絞り、食道粘膜内の食塊の移送速度を測定する方法を提案する(図2)。

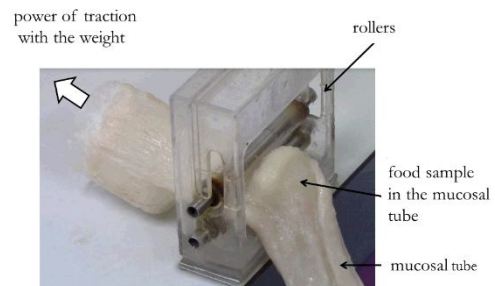


図2 評価装置の主要部分
写真左側の食道粘膜の開口部から食塊を入れ、ローラーで上下から挟んで、粘膜ごと左側に引き、粘膜に対する食塊の相対速度、すなわち粘膜の牽引速度を計測する。

この方法は、食塊に嚥下時の咽頭内圧に相当する圧を負荷し、咽頭括約筋の蠕動波伝播速度(平均108 mm/s)に相当する以上の食塊移送速度が得られた場合に潤滑性が十分であると判断するものである。口腔・咽頭を通過する食塊の潤滑性を、実条件に即して評価する初めての方法であり、本研究で食品の嚥下し易さとの関連が示されれば、介護食品の特性評価において大きな意義があると考えられる。

本法の妥当性の評価は、食塊を模した被験食品についての嚥下可否にかかる感覚を健康成人10名(うち女性2名、26~36歳)を用いた官能試験により評価し、その結果と、同一被験食品の潤滑性を今回提案する方法で評価した結果と比較することにより実施した。6種の被験食品を同一者に各5度づつ、

計 30 度、無作為な順に摂取させ、摂取の可否を「嚥下できる」、「嚥下できない」、「どちらともいえない」の 3 段階で評価させた。同一食品の 5 度の試行の結果がいずれも「嚥下できる」、もしくは「嚥下できる」と「どちらともいえない」の場合は positive、すべて「嚥下できない」もしくは「嚥下できない」と「どちらともいえない」の場合は negative、すべて「どちらともいえない」の場合は neutral、「嚥下できる」と「嚥下できない」の両方を含む場合には confused の 4 種に分類した。

被験食品には、水分重量比 60、65、70、75、80 および 85%にて調製した即席マッシュポテト（雪印メグミルク社製）を用いた。

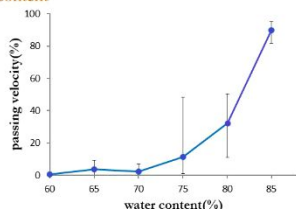
さらに、潤滑性に食塊水分量が影響する機序を検討するべく、食塊の吸水性を検討した。これには、食塊を水中に放って直ちに目の細かな篩で引き上げ、食塊周囲の水分を取り去ったのちに秤量し、水中に放つ直前の質量と比較して、この間に食塊が吸収した水分量を明らかにする方法を用いた。

なお本研究のプロトコルは、東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会の承認を得た。

4. 研究成果

水分量 80 および 85 重量%のマッシュポテト被験食品は、本評価法において十分な潤滑性を認めた（それぞれ 137 mm/s および 383 mm/s）、75 重量%では 49 mm/s、それ以下の水分量ではさらに低値であり、これら試料の粘膜に対する潤滑性は不十分と判断された（図 3）。

The change of the passing velocity with the increase of water content



The passing velocity of the test food intensified exponentially.

図 3 食塊の水分量と食道粘膜内の通過速度
通過速度は食塊を入れずに牽引した場合に対する相対値で表現している。

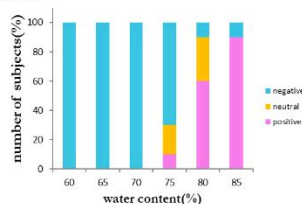
官能試験では、75、80、85 重量%の被験食品について、被験者の 10、60、および 90%が positive の評価を下し、positive と neutral の評価を下した被験者数は、合わせて 30、90、および 90%となった。70%未満では全員が negative の評価を下し、いずれの水分量でも confused という評価を下した被験者は含まれなかった（図 4）。

これらから、本法による潤滑性評価と官能試験の良好な一致が伺われ、本潤滑性評価法の妥当性が示唆された。

食塊の吸水性は即席マッシュポテトの水

分重量比が増すほど低下し、80%以上では吸水性を示さなかった（図 5）。食塊が周囲の水を吸収することで、食塊と粘膜に介在する水の層を失うことが、水分重量比の小さな即席マッシュポテト試料が潤滑性に乏しいことの理由であり、咀嚼の進行に伴い食品と唾液が混和されることで食塊水分量が増し、やがて吸水性を失い、潤滑性を獲得することが、嚥下誘発のひとつの要因となりうる可能性が推察された。

Ratio of the number of subjects with the increase of water content

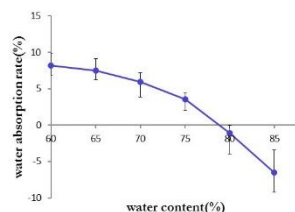


After 75%, the number of 'positive' gradually increased and 'negative' decreased progressively.

図 4 嚥下可否の官能試験の結果

水分量 70%以下の食塊では、嚥下の可否に関してすべての被験者が negative な評価を下した。一方、水分量 80 および 85%の食塊は、被験者の 60 および 90%が positive な評価を下し、75%を挟んで、嚥下の可否が分かれるさまが示された。

Water absorption rate with the increase of water content



Water absorption decreased gradually and it approached asymptotically to zero at 80%.

図 5 食塊の水分量と吸水性

食塊水分量の増加に伴って吸水性が低下し、水分量 80%以上では吸水性を失うことが示された。なお水分量 85%において吸水性が負値を示すのは、この水分量の食塊（即席マッシュポテト）を水中に放つと食塊表面からポテトが離れ出し、その結果、回収した食塊の質量が水中への放出前より低下したことによる。

<参考文献>

1. Seo HS, Hwang IK, Han TR, Kim IS. Sensory and instrumental analysis for slipperiness and compliance of food during swallowing. *J Food Sci.* 2007; **72**: S707-713.
2. Hutchings JB, Lillford PJ. The perception of food texture-the philosophy of the breakdown path. *J Texture Stud.* 1988; **19**: 103-115.
3. Prinz JF, de Wijk RA, Huntjens L. Load

dependency of the coefficient of friction of oral mucosa. *Food Hydrocolloid*. 2007; 21: 402-408.

研究者番号：

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)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

Wako Ono, Yasue Tanaka, Yoshinori Hattori. Effects of water content on lubrication properties of food bolus to the mucosa. 3rd International Conference on Food Oral Processing (FOP2014): Physics, Physiology and Psychology of Eating, 29 June - 2 July 2014, the Hof van Wageningen, The Netherlands.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

服部 佳功 (Hattori, Yoshinori)

東北大学・大学院歯学研究科・教授

研究者番号：40238035

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()