

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：32710

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12330

研究課題名(和文)簡易傾斜計を用いた嚥下食塊特性測定法の開発

研究課題名(英文)Development of physical properties of food bolus measurement using the incline analysis

研究代表者

塩澤 光一 (SHIOZAWA, kouichi)

鶴見大学・歯学部・講師

研究者番号：30097315

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：新たに開発した傾斜計による嚥下時の食品食塊特性評価が可能か否かについて検討した。数種の食品食塊を傾斜計(1度/秒で傾斜する傾斜板上の試料が動き出す角度(SA)と25 mm先のラインに到達する角度(AA)を測定する)で測定した結果、SAは試料の付着性を、またAA - SAの角度は食塊の凝集性を表すことが示された。また、傾斜計を用いると市販のトロミ剤の食塊特性に対する効果も測定可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：I attempted the newly developed incline analysis for measurement of the properties of several food bolus. This device consisted of a sliding bar, goniometer, and a motor which tilted the sliding bar at an angular velocity of 1 degree/s. I measured the angle which the sample began to slide down the bar (starting angle; SA) and then when it passed over the arrival line (25 mm apart from the starting angle, arrival angle; AA). Eight adult subjects (mean age 28.4y) participated. They were asked to normally masticated each test food just before swallowing, and spit the bolus into a cup. As a result, SA reflected adhesiveness of bolus, and also it was indicated that the angles required for movement of bolus between the starting line and the arrival line (AA-SA) reflects cohesiveness of bolus. It also demonstrated that the incline analysis can evaluate the effects of thickening agent on the properties of bolus.

研究分野：口腔生理学、生理学

キーワード：嚥下食塊特性 傾斜計 咀嚼 角度 トロミ剤 傾斜板

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会の日本では摂食嚥下機能障害者が増え、誤嚥予防のための嚥下調整食が介護や医療の現場で広く用いられている。一方、研究代表者はすでにヒトの咀嚼過程でどのような状態の食塊が形成された時点で嚥下が誘発されるについて調べ、ビスケットなどの食品食塊では食塊の凝集性が最大値になった時点で、また米飯やモチなどの食品では付着性が嚥下閾値まで減少した時点で嚥下が誘発されることを明らかにした。しかしながら、これらの測定には高価な機器が必要であり、これらの機器を用いなければ、実際に介護や医療現場において介護対象者や入院患者の嚥下食塊特性を測定することは不可能である。そこで、比較的安価でかつ簡単に誰でも食塊特性の測定が可能となる新たな測定法を開発することが急務となる。

2. 研究の目的

新たに開発した傾斜計を用いて、タイプの異なる食品咀嚼時の食塊特性が測定可能か否かについて検証した。また、誤嚥予防のために摂取する飲み物や食品に添加される増粘剤（以下トロミ剤と呼ぶ）の食塊特性に及ぼす効果が傾斜計で測定できるか否かについて検討した。更に、今回新たに開発した傾斜計での食塊特性測定装置に比べて、比較的安価で実際の現場でより簡単に使用可能と思われる“駆動系の無い傾斜板”を用いた場合（この場合は、一定の角度で傾斜した傾斜板上の一定の距離を試料が移動するのに要する時間を測定することになる）でも開発した傾斜計と同様な測定結果が得られるか否かについても比較検討した。

3. 研究の方法

(1) 開発した傾斜計は、傾斜板（幅 40 mm、長さ 200 mm）と、その傾斜板を 1 秒あたり 1 度の角度で傾斜（上昇）させていく駆動部（モーター）、および傾斜角度を計測する角度計で構成されている。

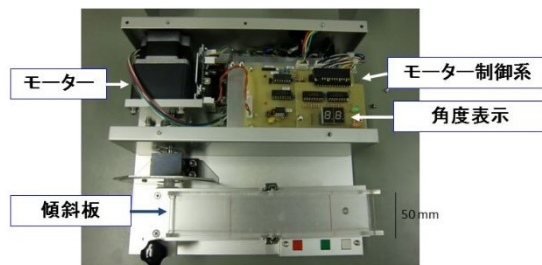


図 1. 開発した傾斜計

食塊特性（測定試料特性）の計測は、水平に保った傾斜板（角度 0 度）上のスタートラインに載せた測定試料を載せ、スイッチを押し、試料がスタートラインから動き出す角度（SA）と 25 mm 離れた到着ラインに達した角度（AA）を測定した。8 名の成人被験者（平

均 28.4 歳、男性 4 名、女性 4 名）に 4 種の食品（ケチャップ、豆腐、米飯、ビスケット）を通常と同様に咀嚼させ（したがって、嚥下までの咀嚼回数は特に規定していない）、嚥下直前の食塊をできるだけカップ内に吐き出すように指示した。回収した嚥下直前の各食品食塊および咀嚼前の各食品試料の SA と AA をそれぞれ測定し、咀嚼前と嚥下食塊とで比較した。

(2) トロミ剤の影響を調べる実験では、米飯とビスケットの 2 食品（各 8 g）を試験食品に選んだ。これらの食品試料、またこれらの食品に市販のトロミ剤（1%w/v, 4mL, トロミアップ、日進オイリオ）を加えた試料をそれぞれ 12 名の成人被験者（平均 28.8 歳、男性 5 名、女性 7 名）に嚥下まで自由に咀嚼させ、通常食品の嚥下食塊、およびトロミ剤を加えた試料の嚥下直前の食塊の SA と AA を比較した。また、咀嚼時の閉口筋（咬筋）筋電図（EMG）記録から咀嚼開始から嚥下までの咀嚼回数を計測し、咀嚼開始から嚥下までの咀嚼回数を通常食品トロミ剤を加えた食品とで比較した。

(3) 駆動系のないより安価な傾斜板装置（0 度～45 度まで傾斜板の固定角度を変えられる）を試作した。試料の測定は、まず傾斜板を水平に保った状態で傾斜板のスタートライン上に試料を載せ、次に傾斜板を一定の角度に傾け、試料が 50 mm 離れた到着ラインに到達するまでの時間を光学計測装置を用いて測定した。測定試料には市販の 3 種の濃度（1%, 2%, 3%w/v）のトロミ剤（4 mL）を用いた。また開発した傾斜計を用いて、これら 3 種のトロミ剤（4 mL）の SA と AA を測定して、両測定法で得られた結果を比較検討した。

4. 研究成果

(1) 咀嚼前の 4 種の食品（ケチャップ、豆腐、米飯、ビスケット）試料と嚥下直前の各食品食塊の AA と SA を測定した。ケチャップの SA と AA は咀嚼前後で有意な変化を示さなかったが、豆腐と米飯の嚥下直前の食塊の SA は咀嚼前に比べて有意に小さな値を示した。これに対しビスケットの嚥下直前の食塊の SA は咀嚼前に比べて有意に大きな値を示した。研究代表者は、すでに物性試験機を用いて咀嚼の進行にともなう各食品食塊の物性変化を調べている。その結果、モチや米飯などの付着性食品食塊では、食塊の付着性は咀嚼の進行にともない次第に減少することが示されている。一方、ピーナッツやビスケットなどの破砕性食品（咀嚼で小さな食片が形成される）食塊では食塊の付着性は咀嚼の進行にともない次第に増加することを報告した。したがって、本研究で得られた咀嚼前後での SA の変化は“食塊の付着性の変化”を示していることが考えられる。

AA-SA（食塊の移動開始から 25 mm 先の到

達ラインまでの移動に要した角度;1 秒当たり1度の角度で上昇するので得られた角度の値は試料が25 mmの距離を移動に要した秒数でもある)は咀嚼前の試料に比べていずれも有意に増加した。研究代表者の以前の研究で、ビスケットなどの破碎性食品食塊の凝集性は、咀嚼の進行にともない次第に増加することが報告されている。したがって、本研究で測定したAA-SAの値は食塊の凝集性を強く反映していることが考えられる。

(2) 市販のトロミ剤(1%w/v)を米飯およびビスケットに加えて咀嚼した場合(図2、+TA)には、嚥下までの咀嚼回数はどちらも有意に少ない値を示した(図2上)。しかしながら、嚥下直前の米飯およびビスケット食品食塊のSAとAAは通常の場合の食塊と比べて有意な差は認められなかった(図2下)。これらの結果は、“トロミ剤を摂取する食品に加えると、通常の場合に比べて早期に嚥下可能な食塊が形成される”ことを明確に示している。したがって、今回開発した傾斜計を用いた食塊特性の測定法(角度測定法)は、介護や医療の現場において、食品に添加するトロミ剤の実際上の効果を正確に知る有効な手段となると思われる。

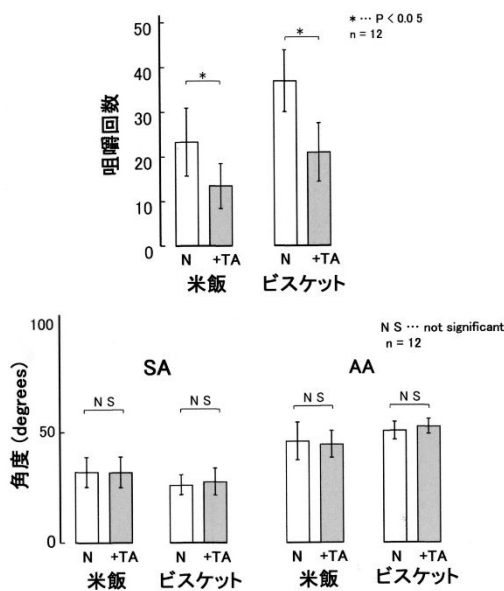


図2. 通常の咀嚼(N)とトロミ剤を加えた場合の咀嚼(+TA)での嚥下までの咀嚼回数(上)と嚥下食塊の移動開始角度(SA)および到達ラインに達した角度(AA)

(3) 駆動系を持たないより安価な角度を固定した傾斜板による食塊特性測定法(この場合には、試料の移動時間を計測する)では、今回開発した傾斜計と比べてどの程度正確に食塊特性を計測できるか否かについて、濃度の異なる市販のトロミ剤(1%, 2%, 3%w/v)を用いて比較検討した。30度に固定した傾斜板で得られた結果を図3上に示した。測定試

料がスタートラインから到着ラインに達するまでの時間と測定試料の濃度とは指数関数的な関係が得られた。これと同様の指数関数的な関係は傾斜板を40度に固定した場合にも得られた。一方、同じ測定試料を用いて開発した傾斜計で試料のAAを測定すると、AAと測定試料濃度とは直線的な関係が認められた(図3下)。これらの結果から、駆動系の無い一定の角度に固定した傾斜板による食塊測定法では、試料の濃度(粘度)が低い場合には試料の移動時間が速いものの、試料の濃度(粘度)が高くなるのにしたがって移動に要する時間が極端に長くなっていくことが示された。すなわち、角度を固定した傾斜板では粘度の低い試料ではあつという間に移動してしまうために細かい計測が出来ず、逆に粘度が高い試料では測定により長い時間を要することになる。これに対し、今回開発した傾斜計を用いると、粘度の低い試料から粘度の高い試料まで一定の時間内で測定が可能であることが示された。

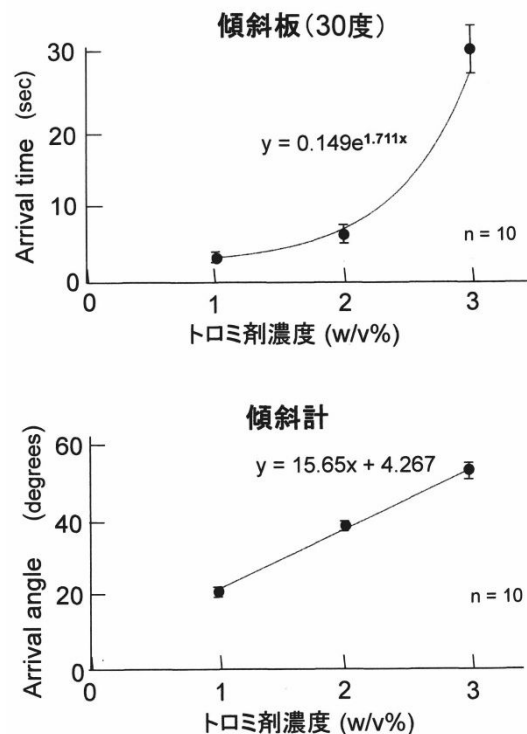


図3. トロミ剤の濃度と、30度に固定した傾斜板で得られた到達ラインに達した時間(上)および傾斜計で到達ラインに達した角度(下)との関係

(4) 本研究で得られた結果から、今回新たに開発した傾斜計による角度測定法は、高額な粘度計や物性試験機などの測定機器を用いなくてもこれらの機器と同程度に「食塊の持つ特性をかなり正確に測定することが可能である」ことが示された。

したがって、今後、この傾斜計を用いた食

塊特性の測定法が、実際の介護や医療の現場で実際に利用可能か否かについて、更に検討していくことが重要である。

<引用文献>

Shiozawa K, Kohyama K, Yanagisawa K, Relationship between physical properties of a food bolus and ingestion of swallowing. Jpn J Oral Biol. 45, 2003, 59-63

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

塩澤 光一、神山 かおる、傾斜計を用いた食塊物性の測定 - 第2報：トロミ剤が食塊特性に及ぼす影響 -、日本咀嚼学会雑誌、査読有、Vol.28、No.1、2018、印刷中。

<http://sosyaku.umin.jp/>

塩澤 光一、神山 かおる、傾斜計を用いた食塊物性の測定、日本咀嚼学会雑誌、査読有、Vol.27、No.2、2017、pp65-71.

<http://sosyaku.umin.jp/>

Shiozawa K, Ohnuki Y, Mototani Y, Umeki D, Ito I, Saeki Y, Hanada N, Okumura S, Effects of food diameter on bite size per mouthful and chewing behavior. J Physiol Sci. 66, 2016, 93-98, 査読有.
DOI:10.1007/s12576-015-0411-6

〔学会発表〕(計5件)

塩澤 光一、食品摂取量(一口量)を決めている要因は何か? 日本咀嚼学会第28回学術大会、2017年9月23日~24日、東京都

塩澤 光一、奥村 敏、Actual factors related to the natural bite size. 第59回歯科基礎医学会学術大会、2017年9月16日~18日、塩尻市

塩澤 光一、傾斜計を用いた食塊物性測定：咀嚼行動および嚥下食塊に及ぼすトロミ剤の効果。日本咀嚼学会第27回学術大会、2016年11月5日~6日、広島市

塩澤 光一、奥村 敏、Effects of addition of thickening agent on masticatory behavior and physical properties of food bolus. 第58回歯科基礎医学会学術大会、2016年8月24日~26日、札幌市

塩澤 光一、奥村 敏、傾斜計を用いた食塊物性測定。第57回歯科基礎医学会学術大会、2015年9月11日~13日、新潟市

6. 研究組織

(1)研究代表者

塩澤 光一 (SHIOZAWA, Kouichi)

鶴見大学・歯学部・講師

研究者番号：30097315