

平成 21 年 5 月 1 日現在

研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500662  
 研究課題名(和文) 高齢者食の開発に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Basic Studies for the Development of Diet for the Elderly

研究代表者 高橋 智子(TAKAHASHI TOMOKO)  
 山梨県立大学・人間福祉学部・准教授  
 研究者番号：10364861

#### 研究成果の概要：

ゲル試料について、口中に取り込む際の一口量が2mlよりも5mlの方が、嚥下回数への物性の影響が大であることが示された。プレーンヨーグルトに寒天A(通常の寒天)、寒天B(分子量を低下させた寒天、攪拌など変形させることで流動性が生じる)、ゼラチンの3種類のゲル化剤を添加したヨーグルトゲルでは、寒天Aヨーグルトゲルが有意に飲み込みやすく、嚥下時筋活動量も小さいことがわかった。ヨーグルトゲルへの砂糖添加の影響においては、砂糖添加試料の方が無添加試料よりも有意に風味が良いと評価されたが、嚥下時筋活動は砂糖添加の有無よりも、ゲルの硬さの影響の方が大であることが示された。

#### 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	3,100,000	930,000	4,030,000
平成 20 年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

#### 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：テクスチャー、老化、物性実験、食品、リハビリテーション、蛋白質

#### 1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会における現在、高齢者の食事に対して関心が高まってきている。QOLを損なうことなく、摂食・嚥下機能が低下した高齢者が、いかに食事を経口的に摂取し、摂取エネルギーや栄養素を確保するかが、在宅、高齢者福祉施設や病院における現在の大きな問題となっている「高齢者福祉施設等における栄養および給食管理-その課題と今後のあり方-」(独立行政法人国立健康・栄養研究所：高齢者の栄養・食生活ガイドライン作成事業，2005)。ヨーグルトは食べやすいゲル状食品のひとつとされ、また嚥下開始食として用いられることが多い。乳製品としてのヨーグルトのアミノ酸価は

100と良質のたんぱく質を含む食品であり、また、骨代謝に関与し、血液凝固、筋肉の収縮、神経伝達を助けるカルシウムは、吸収されやすい形で存在している。ヨーグルトは攪拌するとペースト状態を示すプレーンヨーグルトや寒天などのゲル化剤を加えたハードタイプなどのように、異なる形態のものが商品として出回っている。砂糖を加えた加糖タイプ、フルーツフレーバーのものなど様々な風味のものがある。そこで、本研究ではこれまで高齢者のための食べやすい食事の開発研究で、基準試料として用いてきたヨーグルトの特性を物性面(力学的特性面)、嗜好面から、より明確にする必要性を感じた。

## 2. 研究の目的

(1) ゲル状食品の力学的特性と一口摂取量が咀嚼方法、嚥下回数に及ぼす影響

口中に取り込む時の食物の一口量や形状、力学的特性が、その後の咀嚼運動や舌運動、嚥下動態に影響を与える。そこで、実際に行われている嚥下訓練を考慮し、緑茶ゼリーにより、2ml、5mlと一口量を変えて、試料の力学的特性、一口量の違いが健常な若年者の飲み込み特性、咀嚼方法、嚥下回数にどのように影響するかについて検討した。

(2) 力学的特性の異なるヨーグルトゲルの食べやすさと嚥下筋活動

プレーンヨーグルトに寒天2種類(分子量の異なるもの)、ゼラチンを各々添加したヨーグルトゲルの硬さを、 $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ (器から出すと自重で壊れる程度の硬さ)、 $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ (卵豆腐程度の硬さ)の2段階に調製したものを試料とし、ゲル化剤の違いによるヨーグルトゲルの力学的特性の相違について検討した。また、一口量を5mlに設定し、ゲル化剤の異なるヨーグルトゲルの食べやすさを、健常な若年者、高齢者により評価してもらった。併せて、健常な若年者により、一口量5mlの嚥下時筋活動について検討した。

(3) ヨーグルトゲルの食べやすさにおよぼす風味(甘さ)の影響

寒天をゲル化剤とし、硬さ $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ および $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ に揃えたヨーグルトゲルの、食べやすさ、嚥下時筋活動におよぼす風味(甘さ)の影響について、健常な若年者により検討した。

## 3. 研究の方法

(1) 試料調製

ゲル状食品の力学的特性と一口摂取量が咀嚼方法、嚥下回数に及ぼす影響

緑茶ゼリーの調製にゲル化剤Aは分子量を変化させていない寒天である。ゲル化剤Bはゲル化剤Aの寒天の分子量を増加させたもの、ゲル化剤Cは分子量を減少させたものである。ゲル化剤BおよびCはいずれも寒天を原料とし、分子量を変えることでその物性を变化させた寒天由来のゲル化剤である。ゲル化剤Dはゼラチンパウダーであり、前処理としてアルカリ処理を施したものである。嚥下訓練の開始食として1.6%ゼラチンゼリーが用いられ、これは容器から出すと自重で壊れる程度の硬さで、軟らかい茶碗蒸し程度の硬さである。このゼラチンゼリーを調製し、硬さを測定したところ、 $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ であった。また、高齢者用食品群別許可基準に示された咀嚼・嚥下困難者用食品のゲルの硬さが $1 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 以下となっている。そこで、本研究では $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ (軟らかい茶碗蒸し程度)、 $1 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ (市販コーヒーゼリー程度)、およびその中間の $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ (市販プリン程度)をの硬

さになるよう、各ゲル化剤の添加濃度を変化させて調製した。20℃恒温器で20時間静置したものを試料とした。試料調製には蒸留水と緑茶飲料を、容量比1:1で用いた。

力学的特性の異なるヨーグルトゲルの食べやすさと嚥下筋活動

用いたゲル化剤Aは、分子量を変化させていない一般的な寒天、ゲル化剤Bは、寒天(ゲル化剤A)を原料とし、分子量を減少させることでその物性を变化させた寒天由来のゲル化剤である。ゲル化剤Bを用いたゲルは、型より切り出せるようなゲル状に調製しても、攪拌したり、押しつぶすことで簡単に粘稠なペースト状となるものである。ゲル化剤Cはゼラチンパウダーであり、前処理としてアルカリ処理を施したものである。プレーンヨーグルトにゲル化剤3種類を各々添加し、 $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ 、および $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ の硬さになるよう、ヨーグルトゲル試料の硬さを調製した。20℃恒温器で20時間静置したものを試料とした。

ヨーグルトゲルの食べやすさにおよぼす風味(甘さ)の影響

ヨーグルトゲルの調製に用いたゲル化剤はゲル化剤A、すなわち一般的な寒天とした。用いたプレーンヨーグルトの重量の5%の砂糖を添加した試料を砂糖添加試料、添加しないものを砂糖無添加試料とした。ヨーグルトゲル試料の硬さは $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ 、および $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ になるように調製した。調製方法は同様である。

(2) テクスチャー測定

テクスチャー特性の測定は厚生労働省が定めた高齢者用食品群別許可基準に従った。測定は、レオナー(高分解能型レオナーModel RE33005:山電(株))により直径20mmの亚克力製プランジャーを用い、定速運動方式により圧縮速度10mm/sec、クリアランス、5mm(圧縮量10mm)で行った。測定温度は $20 \pm 2$ °Cである。得られたテクスチャー記録曲線より、プランジャー面積を考慮し硬さ、付着エネルギーおよび凝集性を算出した。

(3) みかけのひずみと応力の関係

みかけのひずみと応力の関係は、レオナーにより直径20mmの円柱プランジャーを用い、圧縮速度10mm/sec、ひずみ90%迄の測定を行った。本来、破断測定の場合、ゲル試料を切り出し成形し、プランジャーにより試料を全圧縮して測定するべきであるが、ことに $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ の硬さのゲル試料は容器より出すと自重で壊れ、切り出し成形不能のため、ここでは測定用容器に試料を充填したままの測定となった。すなわち直径20mm円柱プランジャーの試料への接触面積を圧縮面積とし、みかけのひずみと応力の関係で結果を示した。

(4) 動的粘弾性

動的粘弾性はARES 100FRT-N1(Rheometric

Far East Ltd.)により、直径 25 mm の平行板治具を用い、ギャップ 2.0 mm、測定温度 20 で測定を行った。ひずみ依存性の測定は、周波数 10 rad/sec、ひずみ量 0.1~400%まで変化させて行った。周波数依存性の測定は、いずれの試料も線形領域であるひずみ量 0.5 % で、周波数 0.1~100 rad/s で行った。

(5) ゲル試料の咀嚼方法と嚥下終了までの嚥下回数

被験者は、健常な若年女性 17 名である。ゲル試料を口中に取り込んだ後、どのように咀嚼して飲み込んだかについての予備質問を行ったところ、試料を丸飲みする、歯を使わずに舌と口蓋で押しつぶしまとめて飲み込む、歯を使って咀嚼しまとめて飲み込むに分かれた。そこで本研究では、ゲル試料を口中に取り込んだ後、1. 丸飲みした、2. 歯を使わずに舌と口蓋で押しつぶし、まとめて飲み込んだ、3. 歯を使って咀嚼後、まとめて飲み込んだのいずれかに をつけて答えてもらった。加えて、嚥下終了までの嚥下回数を自己申告により記入してもらった。

(6) 官能評価

ゲル状食品の力学的特性と一口摂取量が咀嚼方法、嚥下回数に及ぼす影響

官能評価は順位法を用いた。パネルは 22~25 歳の健常な若年女性 12 名である。4 種類の異なるゲル化剤により調製した同程度の硬さの試料を 2ml、5ml と一口量を変え、3 段階の硬さ別に食べやすさの官能評価を行った。2ml、5ml 試料ともに一口でスプーンより口中に取り込み、評価してもらった。評価項目は、口中のべたつき感、口中から喉へのゼリー食塊の移動しやすさである。

力学的特性の異なるヨーグルトゲルの食べやすさと嚥下筋活動

若年者による官能評価は一対比較、高齢者による官能評価方法は順位法を用いた。若年者パネルは、22~32 才の顎・口腔系に異常が認められない女性パネル 90 名である。健常な高齢者パネルは、66~82 歳の男女計 12 名である。評価項目は若年者、高齢者ともに、舌と口蓋で押さえた時に感じるかたさ、口中で感じるべたつき感、食塊の口中でのまとまりやすさ、口腔から咽頭へのヨーグルトゲル食塊の移動しやすさである。ヨーグルトゲル試料の提示温度は  $20 \pm 2$  とした。

ヨーグルトゲルの食べやすさにおよぼす風味(甘さ)の影響

官能評価は順位法を用いた。パネルは 21~25 歳の健常な若年女性 13 名である。評価項目は、口中のべたつき感、口中でのばらつき感、口から喉へのヨーグルトゲルの移動しやすさである。

(7) 舌骨上筋群の筋電位測定

筋電位の測定はパワーラプシステム 4/25T (ADInstruments.com)を用いた。ヨーグルト

ゲル試料 5 ml (20(W)×25(D)×10 mm)を、一口で口腔内に入れてもらい、舌と口蓋で押さえた後、一回で嚥下してもらうこととした。嚥下時に得られる模式的な波形より、舌骨上筋群の筋電位の開始点から終了点までの時間を筋活動時間、筋電位の最大振幅、筋活動時間と振幅の積分値として筋活動量を求めた。

(8) 統計処理

一元配置分散分析を行い、Tukey の最小有意差法により群間の検定を行った。

(9) 倫理性の配慮

この研究を行うにあたって、被験者には、本研究の趣旨および意義の説明を十分に口頭と文書にて行い、事前に同意を得た上で研究を行った。なお、本研究は日本女子大学、ヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会の許可を得たものである。

#### 4. 研究成果

(1) ゲル状食品の力学的特性と一口摂取量が咀嚼方法、嚥下回数に及ぼす影響

一口量と飲み込み特性、および咀嚼方法と嚥下回数の関係

一口量 2ml、5ml の飲み込み特性の官能評価において、口中のべたつき感、飲み込みやすさは同様の評価が得られた。すなわち、健常な若年者は食塊の量の多少にかかわらず、口中感覚におけるべたつき感や飲み込みやすさを認識していることが示された。一口量 2ml の  $1 \times 10^3 \text{N/m}^2$ 、 $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  の硬さのゲル B および D 試料で丸飲みした人がいたが、一口量 5ml では丸飲みした人はいなかった。摂食機能に障害を有する高齢者に対して、一口量 2~5ml のゼラチンゼリーを用いて嚥下訓練が行われた結果、少ないである一口量 2~3ml のゼリーでは、丸飲みする機会が多いとの症例報告も報告されている。このことより、ゲルを丸飲みするのは、一口量の影響が大であることが推測される。一口量と嚥下終了までの嚥下回数の関係では、一口量 2ml、5ml とともに、いずれの硬さにおいてもゲル化剤 C 試料とゼラチン由来のゲル化剤 D 試料の嚥下回数が他の試料よりも、多い傾向を示したが、嚥下回数に有意差が認められたのは一口量 5ml の硬さ  $1 \times 10^3 \text{N/m}^2$  ゲル試料であった。このことより、軟らかいゲルの方が一口量の嚥下回数への影響があると推測される。

力学的特性と飲み込み特性、および咀嚼方法と嚥下回数の関係

ゲル化剤 C 試料は、口蓋と舌により変形することで流動性が生じ、少ない変形量で粘性要素の弾性要素に対する割合が大となることで付着エネルギーが他の試料よりも大きくなり、官能評価においてもべたつき感があり、飲み込みにくいと評価されたと考える。一方、ゼラチン由来のゲル化剤 D 試料の融点は 23 程度と口中温度よりも低いために、一口量が

少なく、軟らかいゼラチンゲルであるほど、口中温度でゲル食塊表面が融けてゾル状に変化し摩擦が減少することで、食塊がすべりやすくなり、飲み込みやすいとの評価が得られると推測した。しかし、本研究の結果では、ゲル化剤 D 試料はゲル化剤 C 試料と同様に、べたつき感があり、飲み込みにくいとの評価が得られた。ゲル化剤 D 試料の付着エネルギーは、ゲル化剤 C 試料について大きな値を示している。また、飲み込みにくいと評価されたゲル化剤 C 試料と D 試料のひずみ 200~300%の非線形領域におけるトルクと粘性要素 G' は同程度を示し、飲み込みやすいと評価されたゲル化剤 B 試料よりも、いずれも大きいことがひずみ依存性の測定結果より示された。このことより、同じ硬さのゲル試料においても、付着エネルギーが大であり、また、ひずみ 200~300%の非線形領域におけるトルク（回転運動させる時に必要な力のモーメント）、および粘性要素 G' が大きいものは、飲み込みにくいと評価されることが示された。また、ゲル試料の大変形領域における力学的特性は、飲み込みやすさを反映していると考えられる。新井等は口蓋を口蓋床で被覆された義歯装着者は、咀嚼回数や嚥下開始までの時間が延長することを報告している。本研究では、健常者をパネルとしたために、ゲル試料を口中に取り込んだ後、嚥下するまでの時間が、義歯装着者や摂食機能に障害を有する人よりも短いことが推測され、健常者パネルはゼラチンゲル食塊の表面が融ける前に嚥下したと考えられる。口中における食塊の保持時間の異なる義歯装着者や摂食機能に障害を有する人のゼラチンゲルの飲み込みやすさは、今後の検討課題となる。変形することで流動性が生じるゲル化剤 C 試料の付着エネルギーは大きく、またひずみ依存性の測定結果より tan δ が大であるため、他のゲル試料よりも食塊形成する際の舌と口蓋により加えられる変形量が少なくても、粘性要素の弾性要素に対する割合が増加することが推測される。このことが、一口量 5ml の  $1 \times 10^3 \text{N/m}^2$ 、 $5 \times 10^2 \text{N/m}^2$  の硬さにおいて、ゲル化剤 C 試料が歯を使うより、舌と口蓋で押しつぶして咀嚼する人が多い原因の一つとなったと推測する。しかし、一口量 5ml のゲル化剤 C 試料は最も硬い  $1 \times 10^4 \text{N/m}^2$  試料で、歯を使って咀嚼した人が増加し、その傾向は他のゲル試料と同様になった。これは、ゲル化剤 C 試料の咀嚼方法において、他の力学的特性よりも硬さが大きく影響したものと推測する。以上の結果より一口量 5ml のゲル化剤 C 試料は、軟らかい茶碗蒸し程度、および市販プリン程度の硬さでは、他の 3 種類のゲル化剤で調製したゲルよりも、歯が欠損した人でも舌と口蓋で押しつぶして咀嚼することが容易であると推測される。しかし、少ない一口量 2ml では、歯

を使わないで舌と口蓋で押しつぶす、および歯を使って咀嚼する咀嚼方法に、力学的特性の影響は一口量 5ml よりも少なかった。また、軟らかい茶碗蒸し程度、および市販プリン程度の硬さでは一口量 5ml よりも 2ml の方が、A、B、D 試料において、舌と口蓋で咀嚼する被験者が多かった。このことより、一口量が少ない場合、いかなる力学的特性を有するゲルであっても、歯を使わずに舌と口蓋だけで咀嚼する人が増えることが推測される。咀嚼方法には、一口量と力学的特性が相互に影響していると考えられる。官能評価と嚥下終了までの嚥下回数との関係では、口中でべたつき感があり、飲みこみにくいと評価されたゲル試料の嚥下回数は、多い傾向を示した。このことより、口中でべたつくことを認知し、飲み込むまでに何度も嚥下動作を有するものは飲み込みにくいと評価されると推測される。

## (2) 力学的特性の異なるヨーグルトゲルの食べやすさと嚥下筋活動

### 健常な若年者と高齢者による食べやすさの評価

健常な若年者、高齢者ともに、容器より取り出すと自重で壊れる程度の硬さである  $1 \times 10^3 \text{N/m}^2$  試料に、口腔から咽頭への食塊の移動しやすさの評価結果に有意差が認められなかった。一方、 $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  試料では、口腔から咽頭への食塊の移動しやすさの評価結果に有意差が認められた。若年者で寒天 B ヨーグルトゲルが口中で有意にべたつくことと評価されたが、高齢者ではゼラチンヨーグルトゲルが有意にべたつくことと評価された。また、若年者、高齢者ともに、寒天 A ヨーグルトゲルが有意に食塊が咽頭へ移動しやすいと評価された。

### 若年者による官能評価結果と舌骨上筋群筋電位の関係

Table1 Results of swallowing measurements for yoghurt gel samples by EMG from suprahoid musculatures

Gelling agent	$1 \times 10^3 \text{N/m}^2$			$5 \times 10^3 \text{N/m}^2$		
	Duration (s)	Amplitude ( $\mu\text{V}$ )	Muscle activity ( $\mu\text{V}\cdot\text{s}$ )	Duration (s)	Amplitude ( $\mu\text{V}$ )	Muscle activity ( $\mu\text{V}\cdot\text{s}$ )
A	$1.7 \pm 0.6^a$	$721.3 \pm 359.4^a$	$223.6 \pm 160.7^a$	$2.0 \pm 0.7^a$	$838.1 \pm 343.3^a$	$268.2 \pm 150.2^a$
B	$1.7 \pm 0.4^a$	$767.3 \pm 307.5^a$	$264.9 \pm 192.0^a$	$2.8 \pm 1.0^b$	$1005.1 \pm 368.3^a$	$449.7 \pm 265.7^a$
C	$1.9 \pm 0.8^a$	$809.8 \pm 406.3^a$	$298.4 \pm 222.6^a$	$3.7 \pm 1.3^c$	$1033.3 \pm 378.4^a$	$561.9 \pm 326.2^a$

The value represents mean value  $\pm$  standard deviation

a,b,c: In this column, the different alphabets have significant differences from one another at a risk rate of 5% or below. n=21

Table 1 に嚥下時筋活動の結果を示した。筋電位測定でも、 $1 \times 10^3 \text{N/m}^2$  の硬さの試料に、いずれの項目も有意差は認められなかったが、 $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  の硬さの試料の筋活動時間、筋活動量で有意差が認められた。本研究で用いた舌骨上筋群筋電図測定を、多くの先行研究では嚥下第二相（咽頭期）の嚥下筋活動の指標として用いている。本研究の結果より、 $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  程度の硬さのヨーグルトゲル試料で、官能評価において口腔から咽頭へ移動しやすいと評価されたゲル試料 A の筋活動時間は、有意に短く、筋活動量は有意に小

さいことが示された。しかし、有意に口腔から咽頭へ移動しにくいと評価されたゲル化剤 B 試料の筋活動時間が有意に長く、また、筋活動量も大きいという結果は得られなかった。本研究の結果では、ヨーグルトゲル試料において、口腔から咽頭へ食塊移動しやすさの評価結果と嚥下時の舌骨上筋群筋活動状態とは一致していないが、筋活動量が小さいヨーグルトゲル食塊は、口腔から咽頭へ移動しやすいことが推測される。

力学的特性と健全な若年者による官能評価、および舌骨上筋群筋電位の関係

いずれの硬さの試料においても、口腔感覚として捉えられる舌と口蓋で押さえた時に感じるかたさ、口中で感じるべたつき感に有意差が認められた。圧縮変形より得られるみかけのひずみと応力の関係より、ヨーグルトゲル試料の、大変形領域における応力が小さく、また、ヨーグルトゲル試料の表面に亀裂が入った後、一旦、大きく応力が減少するゲル化剤 A 試料が、有意にかたくないと評価された。このことは、口蓋と舌により押さえることで、ヨーグルトゲルの表面に亀裂が生じた後、大きな力を加えなくても、変形できるものが口中でもかたくないと評価されたと推測する。また、テクスチャー特性の付着エネルギーが大きいゲル化剤 B、C 試料は、付着エネルギーの小さいゲル化剤 A 試料に比べ、有意にべたつくことと評価された。

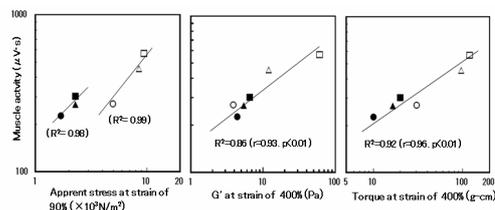


Fig.1 Relation between physical properties and muscle activity obtained from EMG  
●: gelling agent A, ▲: Gelling agent B, ■: Gelling agent C

Fig.1 に、力学的特性と筋活動量との間に、直線関係が得られたものを示した。圧縮変形より得られるみかけのひずみと応力の関係より、最も大きく変形させたひずみ 90%における応力と筋活動量の間、各々の硬さで直線関係が得られた。すなわち、みかけのひずみ 90%における応力が大きくなるに従い、筋活動量は大きくなることと示された。ずり変形より得られる動的粘弾性のひずみ依存測定より、最も大きく変形させたひずみ 400% (非線形領域) の貯蔵弾性率  $G'$ 、およびトルクと筋活動量の間、正の相関関係が認められた。すなわち、大きくずり変形させた場合に得られる弾性要素を示す  $G'$ 、および回転軸の周りにかかる力のモーメントを示すトルクが大きくなるに従い、筋活動量は大きくなることと認められた。形成された食塊を口中から咽頭へ送り込む際、試料は大きく変形していると考えられる。従って、圧縮変形、およびずり

変形ともに、大きく変形することで得られる力学的特性と筋活動量との間に、高い相関関係が得られたと考える。また、ずり変形より得られた 6 試料全てのひずみ 400%における  $G'$ 、トルクと筋活動量の間、高い相関関係が認められた。しかし、圧縮変形より得られたみかけのひずみ 90%における応力と筋活動量は、各々の硬さごとに直線関係が得られた。このことより、嚥下第二相 (咽頭期) における食塊の変形は、圧縮変形よりもずり変形の影響が大きいと推測される。本研究では、器から出すと自重で壊れる程度の  $1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ 、卵豆腐程度の  $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$  のそれぞれの硬さにおいて、ゲル化剤の異なるヨーグルトゲル試料を調製し、それらの試料について、官能評価結果、舌骨上筋群の筋電位測定を行った。官能評価結果より、ことに  $5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$  の硬さのヨーグルトゲルで、分子量を変化させていない一般的な寒天ゲル化剤 A を使用したゲル化剤 A 試料は他の 2 試料よりも、口蓋と舌で押さえた時に感じるかたさはやわらかく、口中でべたつかず、まとまりやすく、口腔から咽頭へ食塊は移動しやすいと評価された。また、若年者による舌骨上筋群の筋電位測定結果より、ゲル化剤 A 試料の筋活動時間は、有意に短く、筋活動量も少ないことが認められた。これらのことより、一般的な寒天ゲル化剤 A を使用することで、食べやすいヨーグルトゲルの調製を可能にすることが示された。一方、ゼラチンゲル化剤 C を用いたヨーグルトゲルは、健全な若年者にとって、ゲル化剤 A 試料よりも、嚥下時筋活動を多く必要とすることが示された。パーキンソン症候群等の疾病により、舌を口蓋に押しつけることで生じる、口腔から咽頭への食塊の送り込みが認められなくなった被験者に、ゼラチンゼリーを食べさせたところ、口腔内でゼラチンゼリーは溶解し、ゾル状となった。その後、ゼラチンゾルは少量ずつ軟口蓋と舌根の間を通過し、下咽頭に達した時点で嚥下反射が誘発された。この被験者は、口腔相の顕著な延長により口腔内温度の影響を受け、溶解してゾル化したゼラチンゼリーの誤嚥が認められたことが報告されている。本研究では健康者を被験者としたため、舌と口蓋で押しつけた後、すぐに口腔から咽頭に送り込まれ、ゲル試料の力学的特性への口腔内温度による影響は少なかったものとする。しかし、融点が低いゼラチンゲルは、先の症例でも示したように、口腔内滞留時間が延長した場合、口腔内温度の影響を受け、ゲルからゾルに状態が変化し、そのことにより誤嚥を引き起こす場合がある。一方、ゼラチンゲルの表面が、口腔内温度により適度にゾル化することで滑りやすくなるため、嚥下しやすくなるとし、嚥下食に用いている場合もある。このように、食べる人の摂食機能により、ゼラチンゲルの嚥下状態へ

の影響は異なる。ゼラチンゲルの特性を十分に把握した上で、ゲル化剤としてのゼラチンを用いる必要があると考える。

(3)ヨーグルトゲルの食べやすさにおよぼす風味(甘さ)の影響

テクスチャー特性の測定結果、硬さ  $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  の試料において、砂糖添加したヨーグルトゲル試料の付着エネルギーが砂糖無添加試料よりも有意に小さいことが示された。破断測定の結果、みかけの破断応力、破断ひずみは、いずれの硬さの試料においても砂糖添加の影響は認められなかった。動的粘弾性の測定結果、線形領域における動的粘弾性への砂糖添加の影響は認められなかったが、硬さ  $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  試料のひずみ量 400%における砂糖添加試料の貯蔵弾性率  $G'$  は砂糖無添加試料よりも、有意に大きいことが認められた。食べやすさの官能評価を健康な若年女性により行ったところ、いずれの硬さの試料においても、砂糖添加試料の方が砂糖無添加試料よりも有意に風味が良いと評価された。一方、口中におけるまとまりやすさ、食塊の口腔から咽頭への移動しやすさにおいて有意差は認められなかった。嚥下時筋活動の測定結果、砂糖添加の有無の嚥下時筋活動への影響は認められなかった。しかし、嚥下時筋活動の最大振幅および筋活動量は、硬さ  $5 \times 10^3 \text{N/m}^2$  のヨーグルトゲルの方が硬さ  $1 \times 10^3 \text{N/m}^2$  よりも、大きい傾向を示した。一方、筋活動時間には試料の硬さ、砂糖添加の有無による影響は認められなかった。

#### 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 2 件)

高橋智子、大越ひろ、力学的特性の異なるヨーグルトゲルの食べやすさと嚥下時筋活動、日本調理科学界誌、42(2)、102-109、2009、査読有

高橋智子、園田明日佳、古宇田恵美子、中村彩子、大越ひろ、ゲル状食品の力学的特性と一口摂取量が咀嚼方法、嚥下回数に及ぼす影響、栄養学雑誌、66(5)、231-240、2008、査読有

〔学会発表〕(計 3 件)

高橋智子、岩崎裕子、大越ひろ、ヨーグルトゲルの力学的特性、食べやすさ、および嚥下筋活動、レオロジー討論会、2008年10月6日、新潟トキメッセ

高橋智子、大越ひろ、Physical Properties of Gel Type Food, and How the Intake Quantity per Mouthful Affects the Masticating Method and Frequency of Swallowing、国際栄養士会議、2008年9月8日、パシフィコ横浜

高橋智子、宮下博紀、大越ひろ、ヨーグ

ルトゲルの力学的特性と嚥下時筋活動の関係、日本家政学会第60回大会、2008年5月30日、日本女子大学

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

高橋 智子 (TAKAHASHI TOMOKO)

山梨県立大学・人間福祉学部・准教授

研究者番号：10364861

(2)研究分担者

(3)連携研究者

大越 ひろ (OGOSHI HIRO)

日本女子大学・家政学部・教授

研究者番号：80060698