きざみ食をモデルとしたゾル-ゲル混合系試料の 食べやすさに及ぼす、ゲルの大きさの影響

岩崎 裕子¹⁾, 高橋 智子²⁾, 大越 ひろ¹⁾

¹⁾ 日本女子大学家政学部

²⁾ 山梨県立大学人間福祉学部

Effect of the Gel Size of Mixed Sol-Gel Samples as a Model for Easy-to-Eat Minced Food

Yuko Iwasaki¹, Tomoko Takahashi² and Hiro Ogoshi¹

¹Faculty of Home Economics, Japan Women's University

²Faculty of Human and Social Services, Yamanashi Prefectural University

We investigated the physical properties, sensory characteristics and electromyography (EMG) of mixed sol-gel samples as a model for minced food to find how the difference in gel size affected the ease of eating. Mixed sol-gel samples were prepared by agar gel with a thickening liquid in three different gel sizes. The textural measurements show that the hardness of the samples was larger and the cohesion was lower with increasing gel size. The adhesiveness of the samples increased with increasing gel size, apart from the sample with the largest spherical gel. The result of sensory evaluation shows that cohesion in the mouth and ease of swallowing were dependent on the adhesiveness, and that firmness in the mouth was not dependent on the hardness of a sample. The numbers of chews required for a sample was not dependent on the gel size. The masticatory electromyographic measurements show that there was difference for each individual subject, with no significant differences among the samples.

Samples that were thick with the sol did not need mincing if they were tender, and the size of the gel had less effect on the ease of eating than its hardness.

Jpn. J. Nutr. Diet., **67** (6) 310～317 (2009)

Key words: minced food, agar gel, physical properties, sensory characteristics, electromyography (EMG)

緒 言

高齢者にとって『食べる』は楽しみの一つであり、生きていることの実感につながる。しかし、加齢に伴う咀嚼・嚥下機能の低下により十分な食事の摂取が困難となり、高齢者は低栄養状態に陥りやすい。すなわち、咀嚼・嚥下機能に障害を持つ高齢者にとって、食事による栄養摂取やおいしく味わう楽しみなど、QOLの低下を防ぐ点でも、むせや誤嚥のない安全な食事が極めて重要といえる¹⁾。

QOLの観点からも高齢者が終焉まで口から食べ続けることができるよう、施設や病院などでは様々な食事形態を工夫し、提供している。小城ら²⁾は要介護高齢者施設における食物形態の実態を調査した結果として、多くの施設が『きざみ食』を取り入れているが、一方、名称や

形態の定義が様々であること、摂食機能に適した食形態の決定要因が明確となっていないことを示している。吉村ら³⁾はきざみ食に増粘剤を付与することで、きざみ食にまとまりを与え、食べやすくなることを示した。このきざみ食をとろみ調整食品でまとめた状態は、液状物(ゾル)と固形物(ゲル)が混合したゾル-ゲル混合系といえる。寒天を用いたゾル-ゲル混合系試料の性状については、平塚ら⁴⁾、とろろを用いた混合系試料については川野ら⁵⁾の研究があるが、食べやすさに及ぼす固形物(ゲル)の大きさの影響について検討した報告は見当たらない。

そこで本研究では、福祉の現場などで高齢者に提供をしているきざみ食の食べやすさについて、固形物の大きさの影響を検討することにした。モデル系として、寒天

キーワード: きざみ食, 寒天ゲル, 力学的特性, 官能評価, 筋活動測定

(連絡先: 岩崎裕子 〒112-8681 東京都文京区目白台2-8-1 80年館A棟2階 調理科学研究室

電話・FAX 03-5981-3434 E-mail iwasakiy@fc.jwu.ac.jp)

ゲルの大きさを段階的に変化させたゾル-ゲル混合系試料とし、咀嚼・嚥下の筋活動が無侵襲かつ定量的に評価するための手段として筋電図を用い測定を行った。併せて力学的測定、官能評価を行い、あんをかけたきざみ食の固形物の大きさについて検討した。

方 法

1. 試料の調製

(1) ゲル試料

① 球状ゲル

微小ゲルを調製するために、平塚ら⁴⁾に準じ、再現性がよく物理的外因に対して安定している素材として寒天を用いた。高濃度溶解が可能であり、従来の寒天と比較し溶解性に優れている即溶性寒天（UP-16K：伊那食品工業株式会社）の0.8（w/w%）寒天溶液を用い球状ゲルを調製した。所定の量に精秤したゲル化剤と蒸留水を還流冷却管付きナス型フラスコに入れ、1時間膨潤した後、加熱することで寒天溶液を得た。寒天溶液を50°C±2°Cまで冷却した後、埋橋と塚越⁶⁾の方法に従って球状ゲルを調製した。すなわち、寒天溶液をビュレット付きビーカーに入れ、冷却のためサラダ油（約10°C）中に滴下すると、表面張力により、球状ゲルが生成される。岸ら⁷⁾によると、施設等で提供されているきざみ食は、おおよそその大きさから3種に分類される。そこで岸らの分類を参考に、きざみ食のモデル系として、3段階の大きさの球状ゲルを調製した。すなわち、形状の異なるゲルの調製には、ビュレットの口径を変化させたもの（1.0 mm, 3.5 mm, 7.0 mm）を用いて油中に滴下を行い、球状ゲルを得た。得られた球状ゲルを0.5（w/v%）乳化液（乳化剤：リョートーシュガーエステル、三菱化学フーズ(株)）（約10°C）中で付着した油を洗浄後、分析ふるいを用いて、直径2.00～2.80 mm（極きざみ程度：a）、直径4.00～4.75 mm（きざみ程度：b）、直径8.00～10.00 mm（粗きざみ程度：c）の3段階に分類し、3種の球状ゲルを得た。この球状ゲルを蒸留水中（約10°C）で18時間放置したものを試料とした。

② 円柱状ゲル

高齢者用食品群別許可基準⁸⁾に準じ、硬さ（堅さ）を算出するため、圧縮面積の明確な円柱状ゲルも調製した。内径30 mm、高さ15 mmのリングに寒天溶液を流し込み、球状ゲルと同様10°C恒温器中に18時間放置したものを測定用試料とした。

(2) ゾル試料

ゾル試料の調製には、グアーガム系とろみ調整食品（日清サイエンス(株)）を使用した。溶媒として、グアーガムの風味の影響を緩和するため、緑茶飲料を用いた。とろみ調整食品の所定量（外割り濃度1.27 w/w%）を、

20°C 200 ml 緑茶飲料にプラスチック棒で攪拌しながら振り入れ、2分間手動により攪拌し、溶解させた。攪拌溶解後20°C恒温器中で1時間保存した。以下、ゾルのみの試料を（S）とする。テクスチャー測定用は35 g、官能評価では3 gを試料とした。

(3) ゾル-ゲル混合系試料

混合系試料はゾル試料と大きさの異なる3種類の球状ゲル（a, b, c）を重量比1：1で混合し、調製した（以下Table 1に示したように、球状ゲルaの混合系試料をA、球状ゲルbの混合系試料をB、球状ゲルcの混合系試料をCとする）。

Table 1 Prepared mixed sol-gel samples

Sample	sol Concentration of thickening agent	gel (Diameter of spherical gel)	Mixing ratio of sol to gel
S	1.27%	none	1:0
A	1.27%	gel a (2.00～ 2.80 mm)	1:1
B	1.27%	gel b (4.00～ 4.75 mm)	1:1
C	1.27%	gel c (8.00～10.00 mm)	1:1

Sample S is sol

The mixing ratio of sol-gel sample was weight balance

混合系試料を充填する際は、ゾル、ゲルそれぞれ重量比1：1となるように測りとり、テクスチャー測定の場合は約35 gとなるようサンプルケース内（内径55 mm）で混合した。官能評価および筋活動測定の場合は一口量を3 gとし、各々およそ1.5 gずつスプーン上でその都度混合した。

2. ゲルの力学的特性の測定

(1) 球状ゲルの破断荷重測定

球状ゲルの破断測定には、レオナー（高分解能型レオナー model-RE33005；(株)山電）を使用した。平塚ら⁴⁾に準じ、圧縮速度1 mm/s、圧縮率90%で定速1回圧縮試験を行った。試料は1粒ずつ試料台の上のせ測定し、プランジャーは直径20 mmのディスク型のものを用いた。測定温度は20°Cである。

(2) 円柱状ゲルのテクスチャー特性の硬さの測定

球状ゲルの破断時の面積は算出が困難なため、円柱状に調製したゲルについて、レオナー（高分解能型レオナー model-RE33005；(株)山電）を用い、テクスチャー特性の測定を行った。圧縮速度10 mm/s、圧縮量10 mm、直径3 mmのディスク型プランジャーを使用し、定速2回圧縮試験を行った。測定温度は20°Cである。得られたテクスチャー記録曲線より、大越ら⁹⁾の方法に従って硬さを算出した。

3. ゼル試料および混合系試料のテクスチャー特性の測定

Table 1 に示すゼル試料および混合系試料について、レオナー（高分解能型レオナー model-RE33005；（株）山電）を用い、テクスチャー特性の測定を行った。内径 55 mm、高さ 19.5 mm の円柱状試料容器に試料厚 15 mm になるよう充填し（35 g 程度）、圧縮量 10 mm、直径 40 mm のディスク型プランジャーを使用し、圧縮速度 10 mm/s の定速 2 回圧縮試験を行った。測定温度は 20°C である。得られたテクスチャー記録曲線より、大越ら⁹⁾の方法に従って、硬さ、付着エネルギー、凝集性を算出した。

4. 官能評価

(1) 食べやすさの官能評価

官能評価は Table 1 に示すゼル試料および混合系試料について行った。パネルは 22～32 歳の口腔機能の正常な成人女性のべ 36 人があつた。評価方法は両極 7 点尺度法を用い、シェッフェの対比較芳賀変法で行った。試料の供食方法は、一口量 3 g をスプーンにのせて行い、自由に食べてもらった。一口量は予備実験を行い、本研究における混合系試料の至適一口量は 3 g と決定した。評価項目および順序は、口への入れやすさ（-3：入れづらい⇔+3：入れやすい）、口中で感じるかたさ（-3：かたい⇔+3：やわらかい）、まとまりやすさ（-3：まとまりにくい⇔+3：まとまりやすい）、飲み込みやすさ（-3：飲みこみにくい⇔+3：飲み込みやすい）の 4 項目とした。

(2) 咀嚼回数および嚥下回数

試料を食べる際の、口に入れてから嚥下するまでに咀嚼した回数および嚥下した回数を回答してもらった。一口量、供食方法は官能評価と同様とした。

5. 筋活動測定

試料を口に入れてから嚥下するまでの口腔関連筋の動きを表面筋電図計を用い測定した。測定には 2 chPowerLab システム：PowerLab4/25T、バイオアンプ：Bio Amp（バイオリサーチセンター）、解析には Chart 5 を使用した。ECG 粘着性導電電極フォーム（直径 10 mm）を左右の咬筋に筋線維と平行になるように電極間隔 20 mm で貼付し、同様に顎二腹筋前腹の筋線維にも貼付した。被験者は、官能評価パネルを含む、顎口腔系の形態および機能に異常の認められない正常咬合を有する、成人女性 8 人とした。官能評価と同様、スプーンの上の試料を一口で口に入れ、自由に喫食してもらい、すべて嚥下し終わった際に手で合図してもらうよう指示をした。

解析を行い、試料を口に入れてからすべて嚥下するまでの時間、咬筋の平均最大振幅、咬筋活動量（筋電位の時間と振幅の積分値）を読み取った（Fig. 1）。顎二腹筋については、嚥下の回数を指定しなかったこと、また、嚥下時以外でも顎二腹筋は電位を生じたことなどの要因によ

Fig. 1 Analysis of parameters of the EMG signal

り解析が困難だったため、波形のみを示すこととした。

6. 統計処理

得られたデータの解析は、一元配置の分散分析を行った後、群間の検定には Bonferroni による多重比較を行った。

7. 倫理性の配慮

測定前、被験者に本研究の主旨、装置の説明および測定方法の説明を行い、事前に理解、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委員会」の承認を得て実施した。

結 果

1. ゼルの力学的特性

(1) テクスチャー特性

円柱状ゼルを調製し、ゼルの硬さを測定した。円柱状ゼルの硬さは $3.56(\pm 0.15) \times 10^4 \text{ N/m}^2$ と、高齢者用食品群別許可基準⁸⁾：そしゃく困難者用食品の区分 3 に分類され、すなわち、硬さの目安として、「舌でつぶせる」の基準内に入っていることが示された。

(2) 破断荷重

球状ゼル a, b, c, の破断荷重を Table 2 に示した。球状ゼルの形状が大きくなるに従い、有意に高値となった。

Table 2 Physical properties of the spherical gel samples

Sample (Diameter of spherical gel)	Rupture load of spherical gel samples (N)
gel a (2.00～2.80 mm)	0.20 ± 0.06^a
gel b (4.00～4.75 mm)	0.25 ± 0.03^b
gel c (8.00～10.00 mm)	0.85 ± 0.13^c

Different letters indicate significant difference ($p < 0.01$)

2. ゼル試料および混合系試料のテクスチャー特性

ゼル試料および混合系試料について、テクスチャー測定を行い、硬さ、付着エネルギー、凝集性を Fig. 2 に示した。硬さについて見てみると、ゼル試料 (S) と混合系試料 (A) には有意差が認められなかったが、ゼル試料 (S) は混合系試料 (B, C) と比較し、有意に低値であった。また、混合系試料については、球状ゲルの形状が大きくなるに従い増加した。

凝集性は、試料 (B) が試料 (A) よりも、試料 (C) が他の 3 試料と比較し、有意に低値を示した。

付着エネルギーについては、ゼル試料 (S) が混合系試料よりも有意に低値となり、試料 (C) を除いては、硬さと同様、ゲルの大きさに依存し増加した。

3. 官能評価

(1) 食べやすさの評価

Table 1 に示したゼル試料および混合系試料について官

能評価を行った。シェッフェの一対比較法を行った結果、「口への入れやすさ」の項目においてはいずれの試料間においても F 検定の結果、主効果に有意差は認められなかった。有意差の認められた各項目の評点平均値と試料間の有意差の検定結果を Fig. 3 に示した。

「口中で感じるかたさ」は、ゼル試料 (S) が混合系試料 (B, C) よりも有意にやわらかい、と評価された。また、球状ゲルが大きくなるに従いかたい、と評価された。「まとまりやすさ」は、いずれの混合系試料 (A, B, C) もゼル試料 (S) よりまとまりにくい、と評価された。混合系試料間では有意差は認められなかったが、混合系試料 (B) が最もまとまりにくい傾向であった。「飲み込みやすさ」は、混合系試料 (B, C) がゼル試料 (S) より飲み込みにくい、と評価された。混合系試料 (A) とゼル試料 (S) との間に有意差は認められず、混合系試料 (B) が最も飲み込みにくい傾向がみられた。

Fig. 2 Textural properties of sol-gel mixed samples

Sample S, A, B, and C are those shown in Table 1

Values are means $\pm$ S.D.

Different letters indicate significant difference ($p < 0.01$)

Fig. 3 Sensory evaluation of the sol-gel mixed samples

Sample S, A, B, and C are those shown in Table 1

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$

(2) 咀嚼回数および嚥下回数

今回、咀嚼の仕方について指定はせず、各々が咀嚼したと考えた咀嚼回数、および嚥下回数を問い、結果を Fig. 4 に示した。咀嚼回数は個人差が大きく、混合系試料

Fig. 4 The number of chews and swallows of sol-gel mixed samples

Sample S, A, B, and C are those shown in Table 1

Values are means $\pm$ S.D.

Different letters indicate significant difference ($p < 0.01$)

間では有意差は認められなかったが、混合系試料 (A) が混合系試料 (B, C) と比較し、少なくなる傾向を示した。また、ゾル試料 (S) では咀嚼せずに飲み込む傾向がみられた。嚥下回数は、ゾル試料 (S)、混合系試料 (A, B, C) いずれにおいても有意差は認められなかった。

4. 筋活動

試料を自由に摂食したときの口に入れてから飲み込むまでの被験者 (I), (II) の筋電位 (EMG) 波形を Fig. 5 に示した。被験者 (I) の場合、いずれの試料でも、試料を口に入れてから飲み込むまでの過程で咬筋はほとんど活動していないことが示された。一方、被験者 (II) の場合、ゾル試料 (S) では咬筋が全く活動していない状態であるのに比べ、混合系試料 (A, B, C) では咀嚼している様子が観察され、混合系試料 (A) と比較すると混合系試料 (C) は振幅、筋活動量ともに大きくなった。

被験者 8 人の総咬筋活動量、咬筋平均最大振幅、嚥下終了までに要する時間の平均を混合系試料の結果について Fig. 6 に示した。全体の平均値でみると、総咬筋活動量、咬筋平均最大振幅、嚥下終了までに要する時間い

Fig. 5 Example of electromyographic activities (EMG) recorded from the masseter muscle (M) and the anterior digastric muscle (Da) when eating sol-gel mixed samples (subject I, II)

Sample S, A, B, and C are those shown in Table 1

Fig. 6 The average and standard deviation of the analytic parameters of EMG

Sample A, B, and C are those shown in Table 1

Values are means $\pm$ S.D.

$n = 8$

れにおいても、混合系試料間に有意差は認められなかった。

考 察

1. 力学的特性と官能評価の関係

ゲルの大きさの異なる混合系試料及びゾル試料の力学的特性について Fig. 2 に示した。硬さについては、試料 (C) が最も高値を示していることから、最も大きいゲルを混合した試料 (C) では、分散媒のゾルよりも分散相であるゲルの硬さを感知したためだと推察される。すなわち、最も小さい球状ゲル a は、圧縮の際にゾルの移動にともないサンプルケースとプランジャーとの隙間に移動しやすいが、最も大きい球状ゲル c は、およそ 7.5 mm しかない隙間に移動しにくく、球状ゲルの特性 (硬さ) をプランジャーが顕著に受け、試料 (C) が最も高値となったと推測される。

凝集性は大きいほどゾル状態に近く、また、通常の寒天ゼリーでは砕けやすく凝集性が小さくなると報告されている¹⁰⁾。従って、試料 (C) の凝集性は低くなっており、ゲルの特性が大きく影響し、1 回目の圧縮によりゲルが破断されているため、まとまりの悪い試料であることが推察される。付着エネルギーにおいては、混合系試料はゾルと共に球状ゲルがプランジャーに付着するため、ゾル試料よりも高値といえる。しかし、試料 (C) が試料 (B) と比較し低値を示し、試料 (A) と有意な差が認められなかったことは、球状ゲルが圧縮により破断し、細分化されたことが要因と考えられる。このことに関しては今後検討する必要がある。付着エネルギーの結果からも試料 (C) についてはゲルの影響が大きいことが示唆された。

ここで、Fig. 3 の結果から、官能評価においていずれの混合系試料間にも有意な差が認められなかったが、評点平均値は異なっていたので、評点平均値とテクスチャー特性との関連性を検討した。官能評価で得られた「口中で感じるかたさ」とテクスチャー特性の「硬さ」の関係性を Fig. 7 に示したところ、相関係数は低く ($r=0.730$)、直線関係は見受けられなかった。混合系試料 (C) はテクスチャー特性において、他の混合系試料よりも顕著に硬いと示されたが、口中で感じるかたさにおいては混合系試料間に有意差は認められなかった。この実験で行ったテクスチャー測定は、一定の大きさのサンプルケース内に試料を充填して圧縮しているため、圧縮時に他のゲルの影響を受けるが、口腔内ではゲルが移動しやすく、他のゲルの影響を受けにくいこと、かたさに有意な差が認められなかったと推察される。必ずしも、テクスチャー特性の硬さが口中で感じるかたさを反映するわけではないことが示唆された。また、ゾル試料 (S) と混合系試料

Fig. 7 Relationship between the Hardness and the Firmness in mouth

Sample S, A, B, and C are those shown in Table 1

(A) はテクスチャー特性、官能評価共に試料間に有意差は認められなかった。ゲルを極めて細かく刻むことにより、不均質な形態ではあるがゾルに近いかたさと感じることとなったことが推察される。

「まとまりやすさ」と「飲み込みやすさ」については、Fig. 3 に示したように、ゾル試料 (S) が混合系試料 (B, C) と比較し、まとまりやすく、飲み込みやすいと評価された。まとまりやすさに関しては混合系試料 (A) との間にも有意差が認められ、不均質な状態のものはまとまりにくいと感じることが示された。ゾルはゲルをまとめる働きをするが、今回、ゾルの濃度が低かったためか、ゲルをまとめきれていなかったように見受けられた。今後、ゾルの濃度の影響についても検討する必要がある。また、飲み込みやすさに関しては、混合系試料 (A) はゾル試料 (S) と有意差が認められず、咀嚼回数と類似した傾向であった。このことを考慮すると、「飲み込みやすさ」の要因としては、嚥下するまでの咀嚼回数も影響しているのではないかと推察される。

かたさと同様にテクスチャー特性との関連性を検討したところ「まとまりやすさ」と「飲み込みやすさ」は、テクスチャー特性の付着エネルギーと同様の傾向であったため、Fig. 8 に「まとまりやすさ」と「付着エネルギー」、「飲み込みやすさ」と「付着エネルギー」の関係を示した。Fig. 8 より「まとまりやすさ」と「飲み込みやすさ」はいずれも「付着エネルギー」と負の相関関係が認められ、付着エネルギーに依存することが示唆され、付着エネルギーが高い試料ほどまとまりにくく飲み込みにくいと感じるのではないかと推察された。

また、極きざみをモデルとした最も小さいゲルを含む試料 (A) は、試料 (B, C) よりも咀嚼回数が少ない傾向を示したが、試料 (B) と試料 (C) の間には有意差は認めら

Fig. 8 (a) Relationship between the Adhesiveness and Ease of swallow

(b) Relationship between the Adhesiveness and Cohesion in mouth

Sample S, A, B, and C are those shown in Table 1

れなかった (Fig. 4)。咀嚼行動について、ヒトは口腔内に食物を取り込み、軟らかな食物であれば舌と口蓋で圧縮し、咀嚼をするが、ある程度硬い食物であれば舌により臼歯部に移送され、その後上下の歯列により粉碎処理される¹¹⁾との報告がある。施設などでは、一つの料理を対象者に合わせた食事形態として提供するため、刻むことにより咀嚼機能を補うきざみ食を用いているが、今回用いたゲルはやわらかい状態であったことが要因とも考えられるが、ゲルの大きさと咀嚼回数の関係には一定の傾向は見受けられなかった。今後、ゲルの硬さを変化させて咀嚼回数とゲルの大きさとの関係について検討する必要があると示唆される。しかし、嚥下回数はいずれの試料間においても有意差がなかったことを考慮すると、嚥下するためにゲルを砕き、咀嚼回数を調節していることが示唆された。

米飯の付着性を変え、筋電図の測定を行った塩澤ら¹²⁾によると、付着性の高い試料ほど、咀嚼回数が多く咀嚼時間が長くなると報告されている。しかし、本研究においては付着エネルギーと咀嚼回数および嚥下するまでの時間との相関は認められなかった。試料間の付着エネルギーの相対的差が塩澤らの値と比較し小さく、Weberの法則¹³⁾によると人が差を識別する程度ではなかったこと、一口量が至適量であったためではないかと考えられる。また、きざみ食は口中でバラバラになってしまい、誤嚥しやすいという欠点があるが舌でつぶせる程度の硬さのきざみであれば、問題はないとも言われている¹⁴⁾。今回、ゲル自体の硬さが $3.56(\pm 0.15) \times 10^4 \text{ N/m}^2$ とやわらかかったため、粗きざみ程度のゲルの大きさでも歯で噛まなくとも飲み込むことができ、ゲルの大きさは咀嚼回数および飲み込みやすさと相関が認められなかったと考えられる。これらのことをふまえると、咀嚼困難な人へ食事を提供する際、ゲルの大きさよりもゲル自体の

硬さやテクスチャー特性の付着エネルギーが重要なのではないかと示唆された。

2. 筋活動測定

表面筋電図計を用い、試料を口に入れてから嚥下終了までの筋活動の測定を行い、ゲルの大きさが口腔関連筋にどのように影響するのかを検討し Fig. 5 に示した。2名の波形を見る限りでも、個々、人により食べ方は全く異なるということが明らかである。盛田ら¹⁵⁾は、ゲルの硬さと筋電位の関係について検討しており、硬さの影響が大きいことを報告している。すなわち、ゲルを食べる際に歯を使わずすべて押しつぶす場合、口蓋圧は大きく発生するが、咬筋の筋電位は小さいパルスしか発生せず、一方、濃度の高いゲルを歯を使って咀嚼するときには、咬筋が使われ筋電位のパルスがはっきりとみられるようになったと報告している。今回ゾルーゲル混合系試料を用い検討したところ、試料の硬さに依存した傾向はみられなかった。歯で咀嚼をしなくとも舌と上顎で押しつぶして嚥下まで至る人、一方、確実にゲルを歯で咀嚼してから飲み込む人、など普段の喫食習慣の相違により筋活動の様々なパターンがあることが観察された。

以上のことからゲルの大きさが小さいことが、必ずしも咬筋の筋活動量を軽減することにはならないことが示唆された。また、ゾルー試料については、嚥下し終わるまでに咀嚼をほとんど必要としないにも関わらず、咬筋の筋活動が観察されている (Fig. 5)。このことは、咬筋は頬部皮膚表面にある大きな筋であり、更に閉口筋であるため¹¹⁾、嚥下をする際にも咬筋が働き、電位を生じたのではないかと推測された。

ま と め

本研究では、きざみ食のモデル系としてゲルの大きさを段階的に変化させたゾルーゲル混合系試料を調製し、

力学的測定, 官能評価, 筋活動測定を行い, きざみ食の食べやすさについて, 固形物の大きさの影響を検討した。

(1) 大きさの異なる球状ゲルの破断荷重を測定したところ, 形状が大きくなるに従い, 破断荷重が大きくなることが認められた。

(2) ゾルおよび混合系試料のテクスチャー特性において, 硬さはゾル試料が最も低い値を示し, 混合系試料については, ゲルの形状が大きくなるに従い高値となった。逆に凝集性については, ゲルの形状が最も大きい混合系試料が有意に低値となった。付着エネルギーは, ゲルの大きさによる一定の傾向は示さなかった。

(3) 官能評価では, 「口中で感じるかたさ」については, ゾル試料と混合系試料 (B, C) との間に有意差が認められ, ゲルの形状が大きくなるに従い, かたいと評価された。「まとまりやすさ」と「飲み込みやすさ」は, ほぼ同様の傾向を示し, ゾル試料が混合系試料と比較しまとまりやすく, 飲み込みやすい, と評価され, 混合系試料 (B) が最もまとまりにくく, 飲み込みにくい, 傾向であった。「まとまりやすさ」および「飲み込みやすさ」はテクスチャー特性の付着エネルギーとの間に負の相関関係が認められた。

また, 均質なゾル試料は嚙まずに嚥下する人がほとんどであり, 一方, 極きざみ程度の試料 (A) は試料 (B, C) より咀嚼回数が少ない傾向が示され, 極きざみにすることにより咀嚼の機能を補えることが認められた。しかし, 嚥下回数については, いずれの試料間においても有意差は認められず, ゲルの大きさは影響しないことが示唆された。

(4) 表面筋電図計を用い筋活動の測定を行ったところ, 総咬筋活動量, 咬筋平均最大振幅, 嚥下終了までに要する時間いずれにおいても, 混合系試料間に有意差は認められなかった。個人によるばらつきが大きく, 咬筋や顎二腹筋の活動は普段の喫食習慣が大きく影響していることが示唆された。

今回の研究では, きざみ食のモデル系として調製したゲルの硬さが低値であったため, ゲルの大きさの影響は, 咀嚼筋活動へ反映されなかった。このことより, きざみ食にあんをかけた場合, 刻む対象が明らかにやわらかけ

れば刻む必要はなく, 大きさの影響よりも硬さの影響が大きいたことが示唆された。

文 献

- 1) 赤羽ひろ, 手嶋登志子, 塩浦政男, 西川浩照, 金谷節子: 嚥下障害を持つ高齢者のための“飲み込み易い食べ物”の総合的検討 MOA Health Science Foundation Research Report, 1 (1993)
- 2) 小城明子, 藤 綾子, 柳沢幸江, 植松 宏: 要介護高齢者施設における食物形態の実態—食物形態の種類とその適用について—, 栄養学雑誌, **62**, 329-338 (2004)
- 3) 吉村美紀, 桑野稔子, 田中満智子, 西成勝好: きざみ食に付与した増粘剤のレオロジー的性質と嗜好特性について, 日本咀嚼学会誌, **13**, 22-28 (2003)
- 4) 平塚陽子, 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ: ゲル—ゾル混合モデル系試料の力学的特性と飲み込み特性, 家政学会誌, **55**, 381-388 (2004)
- 5) 川野亜紀, 細田千晴, 高橋智子, 大越ひろ: とろろを用いたゲル—ゾル混合系食物の物性と飲み込み特性, 家政学会誌, **57**, 13-20 (2006)
- 6) 埋橋祐二, 塚越 寛: 球状ゲルの製造法 特許願(1), 昭和60年, 特許出願中
- 7) 岸 喜代美, 高戸良之, 大越ひろ, 藤井恵子: 病院・高齢者施設で提供されている食事の形態の現状, Shidax Research, **6** (2006)
- 8) 手嶋登志子, 大越ひろ: 高齢者の食介護ハンドブック, p. 39 (2008) 医歯薬出版株式会社, 東京
- 9) 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵: おいしさのレオロジー, p. 68-69 (1997) 弘学出版, 神奈川
- 10) 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵: おいしさのレオロジー, p. 26 (1997) 弘学出版, 神奈川
- 11) 山田好秋: 摂食・えん下リハビリテーション実践マニュアル G. 摂食・えん下障害 UP to date そしゃくの科学, Mon Book Med Rehabil, **57**, 212-221 (2005)
- 12) 塩澤光一, 城所寛子, 佐藤洋子, 神山かおる, 柳沢慧二: 米飯咀嚼時の食塊物性と嚥下閾値との関係, 日本咀嚼学会誌, **13**, 58-65 (2003)
- 13) 山田妙子, 戸田一雄, 木本万里, 江石義信, 岩田正晴, 北原正夫: 生理学, p. 34 (1993) 朝倉書店, 東京
- 14) (独)国立健康・栄養研究所 栄養教育プログラム 食介護研究会: 摂食・嚥下障害を考える 口から食べる幸せづくり, p. 29 (2007) 株式会社カザン, 東京
- 15) 盛田明子, 中沢文子: ゼラチン・寒天・カラギーナンの摂食時における口蓋圧と筋電位の同時測定, 日本家政学会誌, **53**, 7-14 (2002)

(受付: 平成20年11月17日, 受理: 平成21年 6 月20日)