

一口量の変化と嚥下直前の食塊粒子に関する研究

村山 直子

新潟大学大学院医歯学総合研究科

口腔健康科学講座・小児歯科学分野

〒951-8514 新潟市中央区学校町通 2-5274

【要 旨】

食物摂取時の一口量および一口当たりの咀嚼回数は、個人差が大きいものの、同一個人が、同一食品を摂取した場合、ほぼ一定の値を示すことが知られている。一方で、小児などのように食物認知や取り込みの機能が未成熟の場合、一口量や一口当たりの咀嚼回数は、成人に比較してばらつきが大きく安定していないこと報告されている。一口量や咀嚼回数が安定していない場合に、摂取する食品の量のばらつきが嚥下直前の食塊性状にどのような影響を及ぼしているのか興味深い。そこで、一口量にばらつきがある場合を想定し、異なる量の食品を咀嚼した場合の、嚥下直前の食塊に及ぼす影響を検討した。

健康な成人女性 13 名（平均年齢 23 歳）を被験者とした。各被験者に、魚肉ソーセージ 1 本を手で持って前歯でかじりとって口に取り込むよう指示し、自由に咀嚼・嚥下を行わせ、一口量 (g) と咀嚼回数を計測した。さらに、各被験者の一口量の 1/2 量、2 倍量の咀嚼回数を計測した。各被験者の 1/2 量、一口量、2 倍量の魚肉ソーセージを、それぞれの咀嚼回数で咀嚼後、嚥下直前の食塊をカップに吐き出させた。回収した食塊を篩分けし、各篩上に残った食塊を定温乾燥機で 70℃、3 時間乾燥させた後、乾燥食塊重量を計測した。全乾燥重量に対する各篩上の残留量の割合を粒子分布とした。

平均一口量は、 8.31 ± 2.94 g、平均一口量咀嚼回数は、 39.75 ± 13.89 回であった。各被験者における平均一口量および一口当たりの咀嚼回数の変動係数はどちらも小さく、各個人の一口量および一口量咀嚼回数は一定していた。各被験者一口量と一口量咀嚼回数には明らかな相関は認められなかった。被験食品の量が多くなると一口当たりの咀嚼回数は多くなり、1/2 量と一口量間で有意差 ($p < 0.05$) が、1/2 量と 2 倍量間で有意差 ($p < 0.01$) が認められた。被験食品の量が多くなると 1 g 当たりの咀嚼回数は減少し、1/2 量と 2 倍量間で有意差 ($p < 0.01$) が、一口量と 2 倍量間で有意差 ($p < 0.05$) が認められた。嚥下直前の食塊粒子分布は、1/2 量、一口量では、ほぼ同じ傾向を示し、3.35 mm の粒子の占める割合が最も多かったのに対して、2 倍量では 5.60 mm の粒子の占める割合が最も多かった。

1/2 量と 2 倍量ならびに一口量と 2 倍量の 1 g 当たりの咀嚼回数には有意差が認められたことにより、1/2 量と一口量では食塊の粉碎率に差が生じ、2 倍量では大きな粒子の分布割合が高くなったものと考えられた。本研究の結果から、一口量が変化しても、嚥下直前の小さな粒子の分布には差がなかったことから、比較的小さな粒子が嚥下誘発に関与している可能性が示唆された。

【緒 言】

一口量は、食物の認知と食物の口腔内への取り込みによって決定されるといわれている^{1,2)}。食物摂取時の一口量、および一口当たりの咀嚼回数は、個人差が大きいものの、同一個人が、同一食品を摂取した場合、ほぼ一定の値を示すことが知られている³⁻⁶⁾。その一方で、小児などのように、食物認知や取り込みの機能が未成熟の場合、一口量は、成人に比較してばらつきが大きく安定していないこと、一口当たりの咀嚼回数は、一口ごとのばらつきが大きいことが報告されている⁵⁻⁷⁾。

口腔内に取り込まれた食物は、咀嚼により食塊が形成され嚥下が誘発される。嚥下には、食塊の量⁸⁾、食塊物性⁹⁾、水分量^{9,11)}および食塊粒子^{9,12-15)}など様々な要因が関与していると考えられているが、一口量や咀嚼回数が安定していない場合に、摂取する食品の量のばらつきが嚥下直前の食塊性状にどのような影響を及ぼしているのか興味深い。そこで、一口量のばらつきがある場合を想定し、異なる量の食品を咀嚼した場合の、嚥下直前の食塊に及ぼす影響を検討した。

嚥下直前の食塊に関する研究は、一口量の個人差が大きいにもかかわらず、各被験者に同じ量の食品を咀嚼させている研究¹⁰⁻¹⁴⁾が多い。そこで本研究では、各個人に合った一口量を咀嚼したときの、被験食品量の違いによる咀嚼回数と嚥下直前の食塊粒子分布に着目し、篩分法^{9,12-15)}を用いて分析を行った。

【対象と方法】

本研究の実施にあたっては、新潟大学歯学部倫理委員会に諮り承認を得た（承認番号 23-R21-09-06）。

被験者として、顎口腔機能に異常が認められず、喪失歯のない健常な成人女性 13 名（21 歳～27 歳；平均年齢 23 歳）を対象とした。あらかじめ本研究に関しての十分な説明を行い同意を得た。被験食品として形状が規格化されており、かつ過去の報告^{4,5,9,16)}でも被験食品として使われている魚肉ソーセージ（直径 25mm，長さ約 15 cm：くるんパックフィッシュソーセージ[®]：マルハニチロ食品，東京）を用いた。

各被験者に、テーブルに向って椅子に座ってもらい、魚肉ソーセージ 1 本を手で持って前歯でかじりとり、口に取り込むよう指示し、取り込んだあとは、自由に咀嚼・嚥下を行わせた。被験食品を嚥下した後、一口ごとに口腔内に被験食品の残りがいないことを確認し

てから、次の食品を取り込むようにした。一口食べるごとに被験食品の残りの重量をはかり（デジタル天秤 EK-610i 型；エー・アンド・デイ株式会社，東京）で計測し，重量の差を一口量とし，5 回の平均から各被験者の一口量（g）を求めた。食べている様子をビデオに撮影し，ビデオ画像から咀嚼回数を計測した。口に取り込んでから嚥下するまでの咀嚼回数を計測し，5 回の平均値を各被験者の一口量咀嚼回数とした。

さらに，各被験者の一口量の 1/2 量（g），2 倍量（g）になるようカットした魚肉ソーセージをそれぞれ 5 個ずつ用意し，一口ごとに自由に咀嚼・嚥下を行わせた。5 回の平均値を各被験者の 1/2 量咀嚼回数，2 倍量咀嚼回数とした。

次に，各被験者の 1/2 量，一口量，2 倍量の魚肉ソーセージ 3 個ずつを被験食品として用い，各被験者の 1/2 量，一口量，2 倍量それぞれの咀嚼回数で咀嚼後，嚥下直前の食塊をカップに吐き出させた。さらに 100 ml の水で数回うがいを行い，口腔内に残った試料の残渣とともに同じカップにすべて吐き出させた。各量で 3 回ずつ同様に行った。回収した食塊の粒子分布は篩分法を用いて分析した。目開き 5.60 mm, 4.75 mm, 3.35 mm, 2.36 mm, 1.70 mm, 1.00 mm, 0.50 mm, 0.30 mm の順に 8 種類の篩（Tokyo Screen 社，東京）を用い，2,000 ml の流水下で篩にかけた後，篩振盪機（標準ふるい振とう機 VUD-80 型，筒井理化学器械，東京）を用いて 5 分間，食塊の篩分けを行った。篩分け後，各篩上に残った食塊を篩ごと定温乾燥機（KEF-45PM 型，萱垣医科理科工業株式会社）で 70℃，3 時間乾燥させた後，乾燥した食塊の重量を篩ごと計測し，篩の重量を差し引いたものを乾燥食塊重量とした。3 回の平均値を求め，全乾燥重量に対する各篩上の残留量の割合を粒子分布とした。

各データは Excel 統計 2010（エスミ社製，東京）を用いて，統計学的解析を行い，p 値 0.05 未満を有意差あり、と判定した。

【結果】

1. 一口量と一口当たりの咀嚼回数

表1に各被験者の一口量を示す。各被験者の一口量は、13名の平均で 8.31 ± 2.94 g（最小値 3.05g，最大値 14.55 g）であった。表2に各被験者の一口量咀嚼回数を示す。平均一口量咀嚼回数は、 39.8 ± 13.9 回（最小値 19.6回，最大値 65.6回）であった。各被験者における平均一口量の変動係数は 0.034 から 0.121，また，一口当たりの咀嚼回数の変動係数も 0.043 から 0.214 と，どちらも小さく各個人の一口量および一口量咀嚼回数は安定していた。一方，被験者間では，一口量の変動係数が 0.353，一口量咀嚼回数の変動係数は 0.349 と大きく，被験者間のばらつきは大きかった。

表1 各被験者の一口量

| 被験者 | 平均一口量(g) | 標準偏差 | 変動係数 |
|--------|----------|------|-------|
| 1 | 3.05 | 0.22 | 0.070 |
| 2 | 5.31 | 0.56 | 0.106 |
| 3 | 5.34 | 0.44 | 0.082 |
| 4 | 7.42 | 0.49 | 0.066 |
| 5 | 7.52 | 0.53 | 0.071 |
| 6 | 7.82 | 0.93 | 0.119 |
| 7 | 8.03 | 0.73 | 0.091 |
| 8 | 8.50 | 0.69 | 0.082 |
| 9 | 9.22 | 1.06 | 0.115 |
| 10 | 9.28 | 0.32 | 0.034 |
| 11 | 10.13 | 0.76 | 0.075 |
| 12 | 11.85 | 1.43 | 0.121 |
| 13 | 14.55 | 1.77 | 0.121 |
| 13名の平均 | 8.31 | | |
| 標準偏差 | 2.94 | | |
| 変動係数 | 0.353 | | |

表2 各被験者の一口量咀嚼回数

| 被験者 | 咀嚼回数 | 標準偏差 | 変動係数 |
|--------|-------|------|-------|
| 1 | 20.4 | 1.95 | 0.096 |
| 2 | 42.4 | 4.28 | 0.101 |
| 3 | 19.6 | 3.21 | 0.164 |
| 4 | 41.6 | 8.91 | 0.214 |
| 5 | 65.6 | 5.50 | 0.084 |
| 6 | 45.4 | 2.61 | 0.057 |
| 7 | 35.8 | 1.92 | 0.054 |
| 8 | 58.6 | 5.13 | 0.088 |
| 9 | 41.0 | 2.12 | 0.052 |
| 10 | 26.4 | 1.14 | 0.043 |
| 11 | 27.2 | 1.64 | 0.060 |
| 12 | 42.8 | 5.63 | 0.132 |
| 13 | 50.0 | 5.20 | 0.104 |
| 13名の平均 | 39.8 | | |
| 標準偏差 | 13.9 | | |
| 変動係数 | 0.349 | | |

図1に，各被験者の一口量と一口量咀嚼回数を示す。一口量と一口量咀嚼回数には明らかな相関は認められなかった。

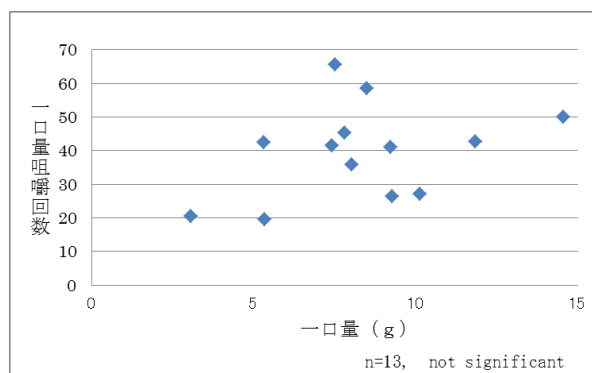


図1 各被験者の一口量と一口量咀嚼回数

2. 1/2量, 一口量, 2倍量の咀嚼回数の比較

図2に各被験者固有の1/2量, 一口量, 2倍量を摂取したときの, 一口当たりの咀嚼回数を示す。1/2量の一口当たりの咀嚼回数は, 平均25.5回(最小値10回, 最大値41.4回, 中央値25.0回), 一口量の一口当たりの咀嚼回数は平均39.8回(最小値19.6回, 最大値65.6回, 中央値41.6回), 2倍量の一口当たりの咀嚼回数は平均55.6回(最小値19.4回, 最大値93.6回, 中央値54.4回)であった。被験食品の量が多くなると一口当たりの咀嚼回数は多くなり, 1/2量と一口量間で有意差($p < 0.05$)が, ならびに1/2量と2倍量で有意差($p < 0.01$)が認められた(Steel-Dwass検定)。

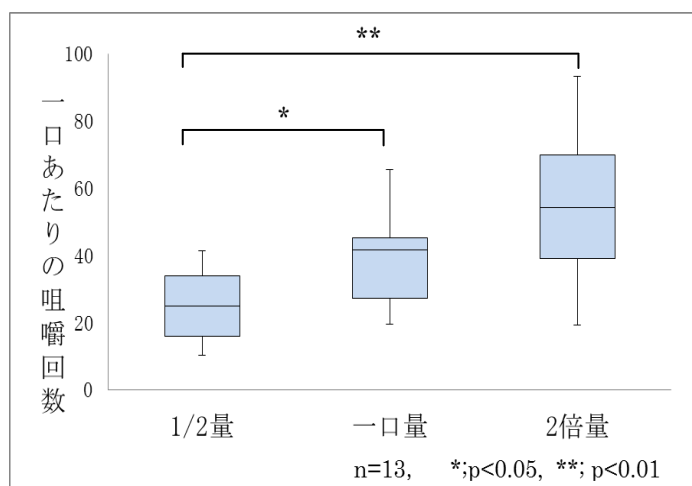


図2 1/2量, 一口量, 2倍量の一口当たりの咀嚼回数

図3に各被験者固有の1/2量, 一口量, 2倍量を取り込んだ時の被験食品1g当たりの咀嚼回数を示す。1/2量を咀嚼したときの1g当たりの咀嚼回数は, 平均6.45回(最小値3.20回, 最大値10.10回, 中央値5.96回), 一口量を咀嚼したときの1g当たりの咀嚼回数は, 平均5.18回(最小値2.70回, 最大値8.79回, 中央値4.52回), 2倍量を咀嚼したときの1g当たりの咀嚼回数は, 平均3.47回(最小値1.94回, 最大値6.22回, 中央値3.05回)であった。被験食品の量が多くなると, 1g当たりの咀嚼回数は減少し, 1/2量と2倍量で有意差($p < 0.01$)が, ならびに一口量と2倍量で有意差($p < 0.05$)が認められた(Steel-Dwass検定)。

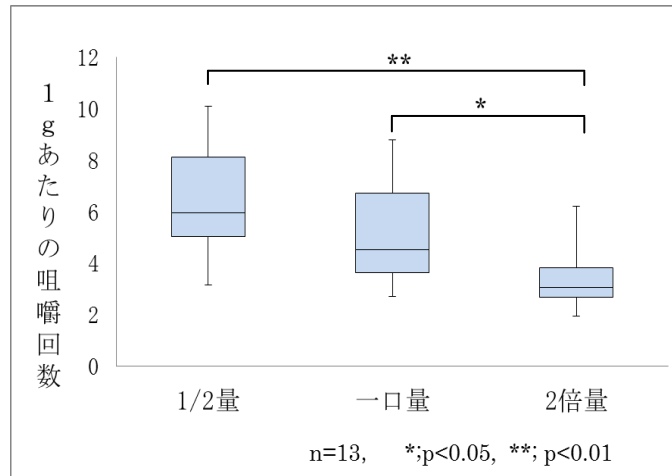


図3 1/2量, 一口量, 2倍量の1gあたりの咀嚼回数

図4に各被験者の1/2量, 一口量, 2倍量の一口あたりの咀嚼回数相互の相関を示す。一口あたりの咀嚼回数は, 一口量と2倍量間で相関係数0.8986 ($p<0.001$), 1/2量と一口量間で相関係数0.8248 ($p<0.001$), ならびに1/2量と2倍量間で相関係数0.9069 ($p<0.001$)であり, いずれも高い正の相関を示した。

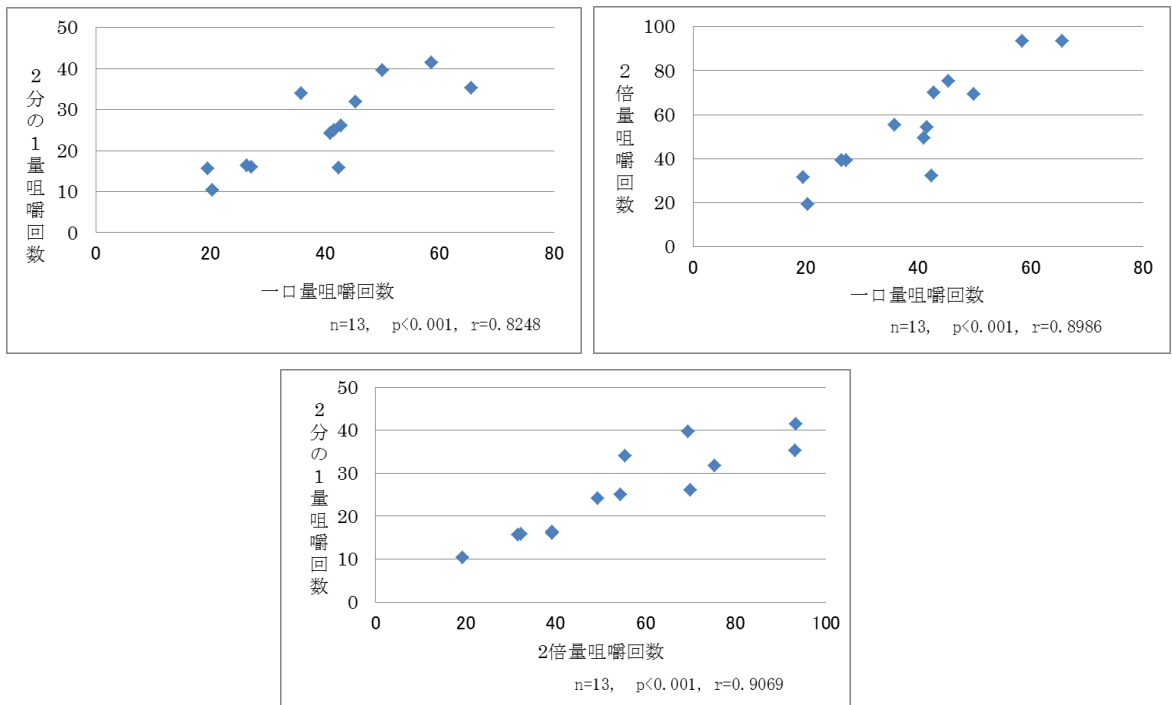


図4 各被験者の1/2量, 一口量, 2倍量の一口あたり咀嚼回数の相関

3. 一口当たりならびに 1 g 当たりの咀嚼回数の変動係数

図 5 に一口当たりの咀嚼回数の各被験者の変動係数を, 図 6 に 1 g 当たりの咀嚼回数の各被験者の変動係数を示す。一口当たり, 1 g 当たりともに, 1/2 量, 一口量, 2 倍量の変動係数には, Steel-Dwass 検定により有意差は認められず, 一口量が増加しても咀嚼回数のばらつきは変化がなく, 各個人内で, 一定の傾向を示した。

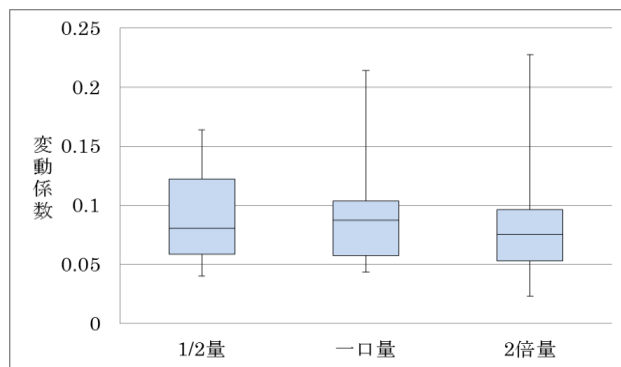


図 5 一口当たりの咀嚼回数の変動係数

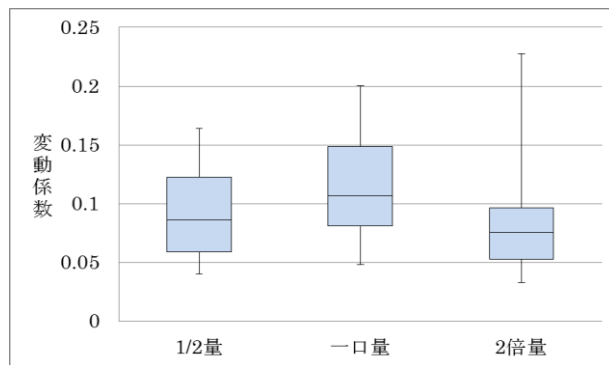


図 6 1 g 当たりの咀嚼回数の変動係数

4. 嚥下直前の食塊の粒子分布

図7に、1/2量、一口量、2倍量の食塊粒子分布を示す。食塊粒子分布は、各篩上に残った食塊の乾燥重量の割合で示した。1/2量、一口量では、3.35 mmの粒子の占める割合が最も多かったのに対して、2倍量では5.60 mmの粒子の占める割合が最も多かった。

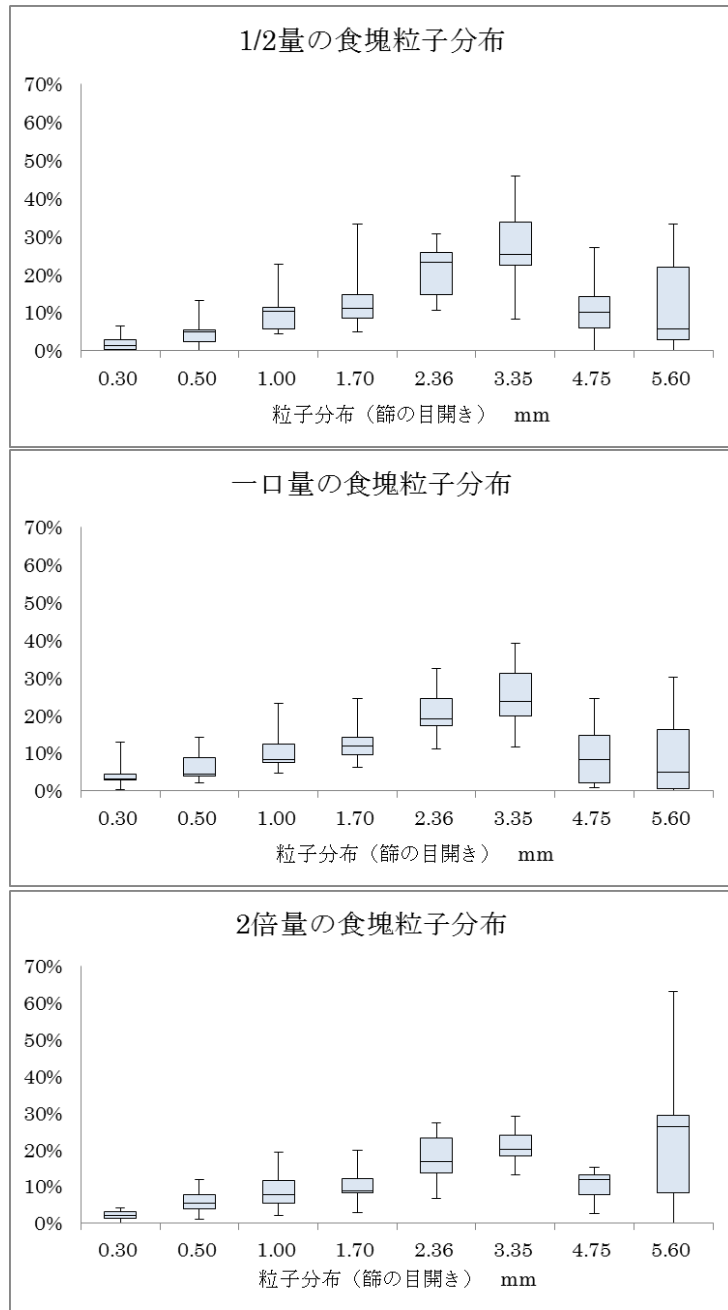


図7 1/2量、一口量、2倍量の食塊粒子分布

【考 察】

口腔内への食物の取り込みは、摂食・嚥下の一連の流れの中で認知期および準備期に相当し、この段階でヒトは視覚的、嗅覚的に何をどれくらい食べるかを判断して一口量を決定し、食物を口腔内へ取り込んでいる¹⁾。また、一口量の決定には、過去の食経験による個人の記憶も重要であるといわれている²⁾。そのため、食物認知や取り込みの機能が成熟し、食経験も豊富な場合には、一口量が安定しているといわれている。

今回の結果では、各被験者の一口量は、平均 8.31 ± 2.94 g、最小値 3.05 g、最大値 14.55 g、変動係数 0.353 と被験者間の差が大きかったのに対して、被験者内での変動係数は 0.034 ~ 0.121 と、一口ごとのばらつきは小さく一口量が安定していた。一口量咀嚼回数も同様に、被験者間の差が大きかったのに対して、被験者内でのばらつきは小さく、一口当たりの咀嚼回数は安定しており、各被験者は食物認知や取り込みの機能が成熟していると考えられた。この傾向は過去の報告と一致していた^{3-6,7)}。

それに対して、被験者間の一口量と一口量咀嚼回数には相関は認められず、各個人にはそれぞれ固有の食べ方が備わっていることが示唆された。また、一口当たりの咀嚼回数の各被験食品量間における相関を分析したところ、1/2 量、一口量、2 倍量のいずれの間においても、強い相関が認められたことから、一口量が増減してもその個人特有の食べ方には変化がないと考えられた。すなわち、普段、咀嚼回数の多い人は口腔内に取り込む量が増減しても咀嚼回数が増える傾向があり、また逆に普段、咀嚼回数が少ない人は咀嚼回数が少ない傾向があるということになる。塩沢ら¹⁷⁾は、ハンバーグをナイフとフォークを用いて口に取り込んだ場合と、丸かじりで取り込んだ場合の平均一口量と咀嚼回数を比較したところ、一口量、咀嚼回数ともに 2 つの食事法間で有意な相関があり、丸かじりで取り込んだ時に早食いの傾向をもつ被験者は、ナイフとフォークを用いても早食いの傾向があるとしている。本研究の結果も踏まえると、一般に各個人が身につけた咀嚼回数などの食習慣の傾向は、あまり変化しないと考えられた。

さらに、被験食品の量が増減したときの一口当たりの咀嚼回数ならびに 1 g 当たりの咀嚼回数の変動係数は、1/2 量、一口量、2 倍量間で有意差が認められなかった。変動係数は、各被験者内での一口ごとのばらつきを示しており、口に取り込む量が増減しても各個人の咀嚼回数のばらつきには変化がなく、安定していることを示している。これまでに、同じ物性の試料を同じ量だけ咀嚼させると、嚥下までの咀嚼回数は、ほぼ一定の値が得られる

ことは報告されていたが、今回の結果から、各個人がもっている至適な一口量でなくても、各個人の咀嚼回数是一口ごとのばらつきが小さく安定していることが示された。

被験食品の量が 1/2 量，一口量，2 倍量と多くなるにつれて，一口当たりの咀嚼回数は増加し，1 g 当たりの咀嚼回数は減少する結果となった。1 g 当たりの咀嚼回数が減少することにより食塊は粉碎されにくくなり，嚥下直前の粒子分布としては，大きな粒子の占める割合が高くなると想定された。今回の篩分法による粒子分布の結果では，1/2 量と一口量は，ほぼ同じ傾向を示し，差が認められなかった。それに対して，2 倍量では 1/2 量，一口量に比較して 5.60 mm の粒子の占める割合が高く，嚥下直前の食塊には，大きな粒子が含まれていた。この要因の一つとして，1/2 量と一口量の 1 g 当たりの咀嚼回数には有意差が認められなかったのに対して，2 倍量では，1/2 量と一口量に比較して，1 g 当たりの咀嚼回数が有意に小さかったことにより，食塊の粉碎率に差が生じたためと考えられる。Liao ら¹⁸⁾は，嚥下直前の口腔内に存在する食片の大きさは一様ではなく，この中の比較的小さな食片が嚥下を誘発するのではないかと推察している。また，Kapur ら¹⁹⁾は，大きな食片は歯列の臼歯部咬合面領域に保持されているが，すでに粉碎された小さな食片は，早期にこの領域から離脱しているとしている。本研究の結果からも，嚥下誘発は大きな食片・粒子の存在との関連性は低く，小さな粒子の分布・存在が関与している可能性が示唆された。さらに，嚥下までの 2 倍量の咀嚼回数の平均は 55.6 回であり，一口量の平均咀嚼回数 39.8 回の約 1.4 倍であるが，2 倍量を取り込んだ場合でも，一口量の 1.4 倍の回数を咀嚼すれば，嚥下を誘発する小さい粒子が生じることが判明した。

塩沢ら⁸⁾は，同一物性をもつ粉碎試料と固形試料を咀嚼・嚥下させたとき，粉碎試料咀嚼時の方が嚥下を早期に誘発し，咀嚼回数が減少したことから，嚥下には食品の粉碎度が深くかかわっているとしている。一方，島田ら²⁰⁾は，咀嚼運動の影響を排除した状態で，嚥下直前の食塊水分値を分析したところ，アーモンド粉碎品では約 50%の水分値で，さらしあんでは約 70%の水分値で嚥下が生じ，それぞれ適正な水分量が存在することを示唆している。さらに嚥下には，食品の粉碎度や水分量だけではなく，食塊の硬さ，凝集性，付着性，流動性などの物性も関わっていることから²¹⁻²³⁾，そのような要素も複雑にからんでいると考えられた。

これまでに，嚥下直前の食塊粒子分布を篩分法により分析した報告が認められる。Peyron ら¹²⁾は，3 種類のナッツと 3 種類の生野菜を咀嚼させて，食塊の粒子分布を分析したとこ

ろ、嚥下直前の食塊粒子はナッツ、生野菜ともに、3種類の間で同じような粒子分布を示し、個人差は小さかったとしている。Jalabert-Malbos ら¹³⁾も同様に、嚥下直前の食塊粒子分布は、被験食品によって異なっているものの、被験者間では差がなく同じような粒子分布を示したとしている。これらの報告¹²⁻¹³⁾では、被験食品の量を一定としているのに対して、Jiffry ら¹⁵⁾は、今回の研究と同様に、各被験者に適した量の大豆を咀嚼させて、食塊粒子分布を分析している。その結果、嚥下直前の食塊粒子の分布は被験者間で差が認められず、粒子分布は同じ傾向を示したとしている。さらに、各個人の一口あたりの咀嚼回数の 1/6, 2/6, 3/6, 4/6, 5/6 回での粒子分布を分析したところ、0.60~0.71mm の粒子は咀嚼の早い段階で形成されること、咀嚼回数が多くなるにつれて、1.00 mm 以下の粒子の占める割合が増加し、1.18mm 以上の粒子の占める割合は減少したことを報告しており、口腔内では、嚥下可能な食塊形成のために、選択的な粒子の粉碎が起きていると推察している。食品の種類によって、嚥下直前の食塊粒子分布には差があることから^{12,13)}、粒子の大きさを特定することはできないが、今回の結果からも、嚥下には比較的小さな粒子の分布・存在が関与している可能性が示唆された。

【文 献】

- 1) Leopold NA and Kagel MC: Swallowing ingestion and dysphagia : A reaparaisal, Arch Phys Med Rehabil, 64: 371-373, 1983.
- 2) 山田好秋 : よくわかる摂食・嚥下のしくみ, 医歯薬出版, 東京, 1999, pp. 33-72.
- 3) Hill SW: Contributions of obesity, gender, hunger, food preference, and body size to bite size, bite speed, and rate of eating, Appetite, 5: 73-83, 1984.
- 4) Kawasaki K, Matsuyama J, Taguchi Y and Mitomi T: Cross-sectional analysis of age-related changes in the fluctuation of bite size, Ped Dent J, 20: 22-27, 2010.
- 5) Yagi K, Matsuyama J, Mitomi T, Taguchi Y and Noda T: Changes in the mouthful weights of familiar foods with age of five years, eight years and adults, Ped Dent J, 16: 17-22, 2006.
- 6) 松山順子, 八木和子, 三富智恵, 田邊義浩, 田口 洋 : 幼児の咀嚼回数に関する研究, 小児歯誌, 41: 532-538, 2003.
- 7) Jiffry MTM: Analysis of particles produced at the end of mastication in subjects with normal dentition, J Oral Rehabil, 8: 113-119, 1981.
- 8) 塩沢光一, 坂西秀樹, 柳沢慧二 : 嚥下までの咀嚼回数に及ぼす摂取食品の大きさの影響, 日咀嚼誌, 1: 39-44, 1991.
- 9) 福島理恵 : 咀嚼運動の診断基準に関する基礎的研究 —食塊の水分量, 粉碎率, 物性の変化—, 小児歯誌, 40: 119-131, 2001.
- 10) 楠元正一郎 : 食物咀嚼におよぼす唾液分泌量の影響 —食塊水分量と嚥下閾—, 明海大歯誌, 28: 40-48, 1999.
- 11) 須瀬賢一, 赤間智之, 福島理恵, 阿部真之介, 高森一乗, 孫 泰一, 鈴木欣孝, 時安喜彦, 渡部 茂 : 食物咀嚼における食塊水分量の変化, 小児歯誌, 38: 1113-1118, 2000.
- 12) Peyron MA, Mishellany A and Woda A: Particle size distribution of food boluses after mastication of six natural foods, J Dent Res, 83: 578-582, 2004.
- 13) Jalabert-Malbos ML, Mishellany-Dutour A, Woda A and Peyron MA: Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods, Food Qual Prefer, 18: 803-812, 2007.
- 14) Chen J, Khandelwal N, Liu Z and Funami T: Influence of food hardness on the

- particle size distribution of food boluses, *Arch Oral Biol*, 58: 293-298, 2013.
- 15) Jiffry MTM and Molligoda A: Development of the swallowable composition of food in normal dentate subjects, *J Oral Rehabil*, 10: 415-420, 1983.
- 16) 渡部 茂, 平井敏博, 広瀬哲也, 五十嵐清治: 実験的な唾液分泌機能が食物咀嚼時間と嚥下時食塊水分量に及ぼす影響, *日咀嚼誌*, 3: 38-42, 1993.
- 17) 塩沢光一, 中道敦子, 花田信弘: 食べ方の違いがヒトの咀嚼行動に及ぼす影響, *日咀嚼誌*, 22: 18-25, 2012.
- 18) Liao FG, Shiozawa K and Yanagisawa K: Effect of changes in the physical property of test foods on the masseteric EMG, grindability of foods and the number of chewing strokes, *Tsurumi Univ Dent J*, 16: 407-413, 1990.
- 19) Kapur KK, Garrett NR and Fischer E: Effect of anaesthesia of human oral structures on masticatory performance and food particle size distribution, *Arch Oral Biol*, 35: 397-403, 1990.
- 20) 島田久寛, 谷口裕重, 井上 誠: 随意嚥下域値に関わる食塊の物性, *日摂食嚥下リハ会誌*, 14: 106-115, 2010.
- 21) Prinz JF and Lucas PW: Swallow thresholds in human mastication, *Arch Oral Biol*, 40: 401-403, 1995.
- 22) Kohyama K, Sawada H, Nonaka M, Kobori C, Hayakawa F and Sasaki T: Textural evaluation of rice cake by chewing and swallowing measurements on human subjects, *Biosci Biotechnol Biochem*, 71: 358-365, 2007.
- 23) 阿部真之介: 食塊の物性が嚥下域に与える影響, *小児歯誌*, 39: 704-711, 2001.