原著論文

煎餅を用いた食塊形成能力からみた咀嚼能力評価法

本間 済, 河野正司, 武川友紀, 小林 博, 櫻井直樹

新潟大学大学院医歯学総合研究科摂食機能再建学

〔受付：平成15年12月12日〕

Evaluation of masticatory function focusing bolus formation by the number of chewing strokes
until swallowing of water absorbing rice crackers

Wataru Honma, Shoji Kohno, Yuki Mukawa, Hiroshi Kobayashi and Naoki Sakurai

Division of Removable Prosthodontics, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

〔Received: December 12, 2003〕

Key Words: Rice cracker, Number of Chewing Strokes, Masticatory Function, Bolus Formation Function, Amount of Saliva Secretion

Abstract: It is necessary to observe all processes from food crushing to formation of swallow-able food bolus in order to evaluate the whole masticatory function. Many researchers reported various evaluation of chewing function. But, most of these reports discussed only the evaluation of crushing function. Therefore, this study is designed to develop a method to evaluate the masticatory function including bolus formation.

The bolus formation is thought to be related to two functions, one is the saliva secretion function, and the other is the lingual transport function. In this study, therefore, the relation between the bolus formation function and the number of chewing strokes until swallowing rice crackers with different absorbency was examined. Twenty-one normal healthy subjects (14 male, 7female) were selected for this study. The lingual transport ratio and the degree of crushing were measured using 3-gram peanuts. Moreover, the numbers of chewing strokes until swallowing a piece of rice cracker was counted. The amount of saliva was measured using a piece of wax stick for saliva secretion test. The correlation between the number of chewing strokes and the amount of saliva was analyzed. The correlation between the number of chewing strokes and the lingual transport ratio was also analyzed.

The results were as follows: 1) A negative correlation was proven between the amount of saliva and the number of chewing strokes until swallowing, and a little number of chewing strokes tended to be recorded in the subjects with high saliva secretion ability; 2) A negative correlation was proven between the lingual transport ratio and the number of chewing strokes until swallowing. In the subjects with high lingual transport ratio a few number of chewing strokes tended to be recorded; 3) The above-mentioned relations were remarkable in the rice cracker with large amount of water absorption.

From these results, the saliva secretion and lingual transportation that are related to the bolus formation were able to be predicted by this method, counting the number of chewing strokes until swallowing of water absorbing rice crackers. This means that the evaluation of masticatory function, including bolus formation, can be achieved by this method.

抄録 咀嚼能力を評価するには、粉碎から食塊形成および嚥下までの全過程を観察する必要がある。しかし、これまで種々行われてきた咀嚼能力の評価方法は、その大半が粉碎能力評価を主体とした評価法であった。そこで、食塊形成能力を含めた咀嚼能力を簡易に評価できる方法を考案し、有効性の検討を行うことを目的として以下の実験を行った。

食塊形成能力の指標を唾液分泌能力と舌側移送能力の2つと考え、吸水量の異なる煎餅における嚥下までの咀嚼回数が、それら食塊形成能力と、どのような関係にあるかの検討を行った。

被験者は、健常有歯顎者（男性14名、女性7名）とした。舌側貯留率と粉砕度は、ピーナッツを一定回数咀嚼させ計測した。また、唾液分泌量と煎餅の嚥下までに要した咀嚼回数を計測し、それぞれの相関を求めた。

- 結果：1. 唾液分泌量と煎餅の初回嚥下までの咀嚼回数との間に負の相関が認められ、唾液分泌能力の高い者は嚥下までの咀嚼回数が少ない事が認められた。
2. ピーナッツの舌側貯留率と煎餅の初回嚥下までの咀嚼回数との間に負の相関が認められ、舌側移送能力の高い者は嚥下までの咀嚼回数が少ない事が認められた。
3. 上記の関係は、吸水性の高い煎餅で顕著であった。以上の事より、吸水性の高い煎餅の初回嚥下までの咀嚼回数を計測するこの評価法は、食塊形成に密接な関係がある唾液分泌能力および舌側移送能力を予想する事ができた。この方法によりチェアサイドで食塊形成能力を含めた咀嚼能力を簡便に評価できることが分かった。

キーワード 煎餅, 咀嚼回数, 咀嚼能力, 食塊形成能力, 唾液分泌量

I. 緒 言

歯科治療の大きな目的の1つは、咀嚼機能の回復にある。従来ヒトの咀嚼機能の評価するために種々の方法が考案されてきたが、それらの殆どは、食物の粉碎能力に注目して検討が行われてきている。粉碎能力を主体とした分析法には、ピーナッツ¹⁾、生米²⁾等が用いられる篩分法や、チューインガム法^{3~6)}、吸光度法^{7~9)}、グミゼリー法¹⁰⁾などが用いられている。しかし、食物を口腔内に取り込み、粉碎し、食塊形成を経て、嚥下するという一連の咀嚼過程について、その能力を評価するには、粉碎から食塊形成および嚥下までの全過程を評価する必要がある。そのため、食物の粉碎能力のみの評価では不十分であると考えられる。嚥下開始には、粉碎食物の粉碎程度や食塊の水分量¹¹⁾などの要因が関与し、それらが個人のもつ一定の基準に達することで起こる¹²⁾と考えられている。そのため、粉碎能力に食塊形成能力も含めた総合的な咀嚼指標を探索する必要がある。

また、わが国は高齢社会であり、咀嚼障害を訴える人が多く存在し、その能力を客観的に調べる需要が大きい。が、前述の篩分法等を用いる場合はそれぞれ特殊な器械や長時間の測定、分析が必要になる。今後は、このような器械がない施設でもチェアサイドで簡便に評価することが必要となってくると考えられる。そこで、本研究では食塊形成能力を含めた咀嚼能力の指標として吸水性食

品煎餅の嚥下までの咀嚼回数を計測する方法を考案し、この方法の有効性を検討した。

II. 研究方法

煎餅の吸水性による評価能の違いを検討するために、吸水量の異なる3種類の煎餅を用いた。また、被験者の食塊形成能を調べるため、唾液分泌量、舌側貯留率を調べ粉砕度も記録して、それぞれの因子について相互の関係を調べ、この評価法の有効性を検討した。

1. 被験者

被験者は、咀嚼および嚥下機能に異常を認めず個性正常咬合を有する本学職員、学生のボランティア21名（男性14名、女性7名 平均年齢25.2歳）とした。なお、被験者全員に本研究の主旨を十分に説明し、同意を得て行った。

2. 食品

1) 舌側移送能力と粉碎能力評価の食品について

3粒で3gとなるようにピーナッツを電磁式はかり（BD202, メトラー・トレド社製）を用いて重量を計測し、舌側移送能力と粉碎能力の評価に用いた。

2) 食塊形成能力評価の食品について

唾液を吸収し、食片と混和して食塊を形成し易く、食塊形成能力を推察できる可能性の高い食品として煎餅を選択した。そこで吸水量が異なると予想した煎餅

図1 食品

Fig.1 Food (Three kinds of rice crackers)

① (亀田製菓製, こんがり醤油せん), 煎餅② (亀田製菓製, サラダ薄焼き), 煎餅③ (亀田製菓製, さくさくサラダせん) の三種類を選択した (図1). それぞれの吸水性は煎餅の30秒間浸水による吸水量により評価した. 煎餅はいずれも重量3gとし, 測定時には口腔内への摂取を行い易くするために直径4cmを半分に分けて半円形2枚として被験者に咀嚼させた.

3. 実験項目

本研究における実験項目は, すべて新潟大学歯学部附属病院生理機能検査室内において行った. 室内は一定の明るさで, 防音壁構造により騒音もない環境が保たれていた.

1) 唾液分泌量の測定

無味無臭のパラフィンペレット (1.5g; 融点42℃, ORION 社製) を用い, 体位は坐位, 測定時間は食後1から2時間で午後1時から3時までの間に測定した. 試験開始前に, 口腔内に残った唾液をできるだけ嚥下させ, その後唾液を嚥下しないように指示し, パラフィンペレットを2分間噛んだ後, 採取器に唾液を吐き出させ, 重量を計測した¹³⁾. 人の唾液は水99.5%, 比重1.002~1.008のため¹³⁾, 唾液の重量 (g) が体積 (ml) と近似値となる. よって本方法では, 体積による測定ではなく重量による測定を採用した.

2) 舌側移送能力と粉砕能力の測定

被験食品としてピーナッツ3gを用い, 木戸の方法¹⁴⁾により5回, 10回および20回と一定回数を咀嚼させ, 頬側, 舌側それぞれに貯留したピーナッツを別々に回収した. 規定回数の咀嚼後, 嚥下しないように咬頭嵌合位で閉口状態を保たせ, 術者が口腔内より歯列頬側の口腔前庭に貯留しているピーナッツ粒子を採取する. 次に, 歯列舌側に貯留した粒子を吐き出してもらうことにより, 頬側, 舌側それぞれに貯留したピーナッツを別々に回収する (図2). 回収した資料は熱風循環式定温乾燥機 (KEF-45PM, 荳垣

図2 舌側移送能力と粉砕能力の測定法

Fig.2 The measuring method of lingual transporting function and crushing function

医理工工業社製) の中で摂氏100度で3時間乾燥した後, 電磁式はかり (メトラ・トレド社製) を用いて重量を計測した. その後, 資料を標準ふるい振とう機 (VUD-80形, 筒井理化学器機社製) により, 10mesh篩で篩分し, 10mesh篩上に残留した粒子重量を計測した. なお, 咬合面上にあった食物粒子は, 舌側に貯留したものとした. 舌側移送能力 (舌側貯留率) は, 回収重量に占める舌側回収重量の割合を示し, 粉砕能力 (粉砕度) は, 回収重量に占める10mesh篩を通過した小さな粒子の重量の割合を示した. すなわち, 以下のような数式で表すことができる¹⁴⁾.

$$\text{舌側貯留率} = (\text{舌側貯留重量} / \text{回収重量}) \times 100 (\%)$$

$$\text{粉砕度} = (10\text{mesh 通過重量} / \text{回収重量}) \times 100 (\%)$$

3) 咀嚼回数の測定

咀嚼回数は自由に咀嚼, 嚥下させた時の片側咬筋筋電図波形のバースト数により求めた. 電極間距離は15mmで双極表面電極を貼付し, 導出した. 嚥下の判定は被験者自身が押すマーカーボタン (認識嚥下) により判定した.

咀嚼回数については図3に示すように, 初回嚥下までの咀嚼回数 (A区間) と初回嚥下以降の咀嚼回数 (B区間) に分けて分析した. しかし, 本研究は咀嚼能力の総合的な評価を目的としたため, 既に初回嚥下を終了させ, 食塊の大半が嚥下閾以下の状態に到達していると考えられるB区間の咀嚼回数を計測することはせず, A区間のみを評価した.

4) 統計学的手法

2変量データの相関関係はSpearmanの順位相関を用いて検定した. 3群間のデータの比較に関しては, Kruskal-Wallis検定を, 多重比較検定に関しては, Scheffe法を用いて検定した. なお, 有意水準は $\alpha = 0.05$ とした.

図3 咀嚼回数の測定方法

片側咬筋筋電図波形のバースト数により咀嚼回数を計測し、初回嚥下までの咀嚼回数をA区間、初回嚥下以降の咀嚼回数をB区間として計測した。嚥下の判定は被験者自身の押すマーカーボタンにより計測した。

Fig.3 The measuring method of the number of chewing

Measuring the number of chewing with bursts of a single-sided masseter electromyogram waveform, the judgment under swallowing which measured A section: the number of chewing until first swallowing, and the B section: the number of chewing since first swallowing with the marker button which the subject by himself/ herself pushes.

Ⅲ. 結 果

1. 食品の吸水量

煎餅①, 煎餅②, 煎餅③の重量3gとし, 食品の30秒間浸水による吸水量の平均と標準偏差はそれぞれ煎餅①が 0.65 ± 0.10 g, 煎餅②が 0.89 ± 0.09 g, 煎餅③が 3.16 ± 0.28 gであった。3種類の煎餅間において危険率1%以下で有意差が認められた。煎餅③の吸水量が著しく大きく, 多重比較検定において, 煎餅①と煎餅③, 煎餅②と煎餅③の間でともに危険率1%以下で有意差が認められた。煎餅の吸水量について図4に示す。なお, ピーナッツの吸水量の平均と標準偏差は 0.018 ± 0.0045 gであった。

2. 唾液分泌量

全被験者の唾液分泌量の平均と標準偏差は 1.63 ± 0.52 gであった。

図4 煎餅3種類の水分吸収量
煎餅③の吸水性が高いことが分かる。

Fig.4 The amount of water absorption of three kinds of rice crackers

It turns out that the water absorptivity of a rice cracker ③ is high.

3. ピーナッツの舌側貯留率と粉砕度

5回, 10回, 20回咀嚼時の舌側貯留率の平均と標準偏差はそれぞれ $66.9 \pm 8.5\%$, $73.0 \pm 6.3\%$, $82.6 \pm 7.7\%$ であった。5回, 10回, 20回咀嚼時の粉砕度の平均と標準偏差はそれぞれ $28.9 \pm 5.5\%$, $44.5 \pm 7.0\%$, $53.6 \pm 6.7\%$ であった。

4. 煎餅の咀嚼回数

煎餅①, 煎餅②, 煎餅③の初回嚥下までの咀嚼回数の平均と標準偏差は, それぞれ 33.5 ± 6.3 回, 27.5 ± 6.5 回, 25.6 ± 5.8 回であった。このことは, 水分吸収性の高い煎餅(煎餅③)を食品として, 被験者に咀嚼してもらった時に, 嚥下までの咀嚼回数が最も少ないことを示している。なお, 3種類の煎餅間において危険率1%以下で有意差が認められた。多重比較検定では, 煎餅①と煎餅②の間では5%以下, 煎餅①と煎餅③の間では1%以下の危険率で有意差を認めた。

5. 唾液分泌量とピーナッツの舌側貯留率および粉砕度との関係

5回, 10回, 20回咀嚼時のピーナッツ舌側貯留率と唾液分泌量との相関係数と危険率を表1に示し, 散布図を図5に示す。20回咀嚼時に有意な正の相関が認められた。

表1 唾液分泌量と舌側貯留率の相関係数

Table 1 The correlation coefficient between the amount of saliva secretion and the rate of lingual transportation

	舌側貯留率		
	5回咀嚼時	10回咀嚼時	20回咀嚼時
唾液分泌量	-0.007 ($p=0.977$)	0.40 ($p=0.073$)	0.518 ($p=0.021$)

図5 唾液分泌量と舌側貯留率(ピーナッツ)との関係
20回咀嚼時に有意な正の相関を認めた。

Fig.5 The relation between amount of saliva secretion, and lingual transport ratio (peanut)

Significant positive correlation was accepted at the time of 20 times digestion.

5回, 10回, 20回咀嚼時のピーナッツ粉砕度と唾液分泌量との相関係数と危険率を表2に示す。5回, 10回, 20回ともに有意な相関は認められなかった。

6. 唾液分泌量と煎餅の咀嚼回数の関係

煎餅①, 煎餅②, 煎餅③の初回嚥下までの咀嚼回数と唾液分泌量との相関係数と危険率を表3に示し, 散布図を図6に示す。煎餅②, 煎餅③にて有意な負の相関が認められた。

表2 唾液分泌量と粉砕度の相関係数

Table 2 The correlation coefficient between the amount of saliva secretion and the degree of crushing

	粉砕度		
	5回咀嚼時	10回咀嚼時	20回咀嚼時
唾液分泌量	0.027 ($p=0.9049$)	-0.207 ($p=0.3539$)	-0.219 ($p=0.3273$)

表3 唾液分泌量と煎餅の咀嚼回数の相関係数

Table 3 The correlation coefficient between the amount of saliva secretion and the number of chewing of the rice cracker

	煎餅の初回嚥下までの咀嚼回数		
	煎餅①	煎餅②	煎餅③
唾液分泌量	-0.239 ($p=0.285$)	-0.516 ($p=0.021$)	-0.599 ($p=0.0074$)

図6 唾液分泌量と煎餅の初回嚥下までの咀嚼回数との関係
煎餅②, 煎餅③において有意な負の相関を認めた。

Fig.6 The relation between amount of saliva secretion, and the number of chewing till the first swallowing
Negative correlation significant at rice cracker ② and rice cracker ③ was accepted.

表4 初回嚥下までの煎餅の咀嚼回数と舌側貯留率の相関係数

Table 4 The correlation coefficient between the number of chewing of the rice cracker and the rate of lingual transportation

		舌側貯留率		
		5回咀嚼時	10回咀嚼時	20回咀嚼時
咀嚼回数	煎餅①	0.109 (p=0.6268)	-0.071 (p=0.751)	-0.141 (p=0.5294)
	煎餅②	0.241 (p=0.2814)	-0.154 (p=0.4920)	-0.301 (p=0.1786)
	煎餅③	-0.161 (p=0.4711)	-0.591 (p=0.0083)	-0.641 (p=0.0042)

図7 初回嚥下までの咀嚼回数(煎餅③)と舌側貯留率(ピーナツ)の関係
10回, 20回咀嚼時に有意な負の相関を認めた。Fig.7 The relation between the number of chewing till the first swallowing (rice cracker ③), and lingual transport ratio (peanut)
Significant negative correlation was accepted at 10 times digestion and 20 times digestion.

7. 初回嚥下までの咀嚼回数と舌側貯留率との関係について

煎餅①, 煎餅②, 煎餅③各々の初回嚥下までの咀嚼回数と舌側貯留率との関係について表4に示す。煎餅③では10回, 20回咀嚼の舌側貯留率にて有意な負の相関がみられ, 散布図を図7に示す。

8. 初回嚥下までの咀嚼回数と粉砕度との関係について

煎餅①, 煎餅②, 煎餅③各々の初回嚥下までの咀嚼回数と粉砕度との関係について表5に示す。煎餅の咀嚼回数と粉砕度の間に一定の傾向は認められなかった。煎餅③の場合の散布図を図8に示す。

IV. 考 察

咀嚼された食塊は, 口腔を経て, 咽頭で生ずる嚥下反射の結果, 咽頭より食道へと送られる。嚥下反射は,

表5 初回嚥下までの煎餅の咀嚼回数と粉砕度の相関係数

Table 5 The correlation coefficient between the number of chewing until the first swallowing of the rice cracker and the degree of crushing

		粉砕度		
		5回咀嚼時	10回咀嚼時	20回咀嚼時
咀嚼回数	煎餅①	-0.326 (p=0.1447)	-0.346 (p=0.1221)	-0.420 (p=0.0604)
	煎餅②	-0.188 (p=0.4017)	-0.241 (p=0.2814)	-0.327 (p=0.1439)
	煎餅③	0.158 (p=0.4801)	-0.126 (p=0.5729)	-0.006 (p=0.9791)

図8 初回嚥下までの咀嚼回数(煎餅③)と粉砕度(ピーナツ)の関係
煎餅の咀嚼回数と粉砕度の間に相関は認められなかった。Fig.8 The relation between the number of chewing till the first swallowing (rice cracker ③) and degree of crushing (peanut)
Correlation was not accepted between the number of chewing of rice cracker and the degree of crushing (peanut).

舌根部, 咽頭, 喉頭の圧受容器が刺激されることにより誘発される^{15, 16)}。咀嚼から嚥下反射に至る過程に影響を与える因子として, 食物の粉砕率¹⁷⁻¹⁹⁾, 食塊の水分量^{11, 20)}, 食物の硬さなど²¹⁻²⁷⁾が挙げられている。嚥下反射を誘発する直接の因子ではないが, 各個人の習慣性咀嚼も, 嚥下反射に影響する因子であると考えられる^{28, 29)}。このように, 嚥下は1つの決定的な因子によって誘発されているわけではなく, 様々な状況下でこれらが複雑に関係あって誘発されていると考えられる。したがって, 嚥下までの咀嚼能力を総合的に考えるには食物の粉砕率だけを検討するだけでは不十分と思われる。すなわち, 食物の粉砕率, 食物の水分量, 咀嚼中に分泌される唾液量などは, 咀嚼された食物を唾液と混和された1つの食塊としてみた場合, 食塊の表面性状に大きく

影響を与えていることが考えられ、嚥下に適した食塊が形成されるまでの咀嚼回数が、長い咀嚼の過程でどのような因子により影響を受けているのかを研究することは意義あることと考えられる。

1. 実験方法について

1) 被験者について

本研究では、顎口腔系に機能異常を認めず、第3大臼歯以外に歯牙欠損のみられない個性正常咬合の被験者を選択した。これは歯牙欠損によって、咀嚼効率が低下するという報告³⁰⁾がみられるからである。以上より、被験者として適当であったと考えられる。

2) 舌側移送能力、粉碎能力評価の食品について

粉碎能力評価の被験食品として用いたピーナッツは含水量が少なく、水洗後の水溶成分の消失が少ないことから、従来より篩分法に用いる被験食品としての性能が優れていることが認められている³¹⁾。被験食品量は、同じくピーナッツを用いた Manly¹⁾、金田ら³²⁾の方法に準じ3gとした。実験に際し咀嚼量の多少について、違和感を訴える被験者はなかったので適当であったと判断できる。

3) 食塊形成能力評価の食品について

食塊形成能力を評価できる食品に関する報告は少なく、加藤ら³³⁾は、バリウム含有ビスケット、ムースアップを用いて、Videofluorographic system にて定性的評価を行っている。しかし、定量的な評価に関する報告は少ない。従って、本研究では嚥下直前までの咀嚼回数をカウントすることによって定量的に食塊形成能力を推測し、その有効性の検討を行った。食塊形成能力を評価するためには、唾液と短時間に混合されて食塊になり易い食品が必要であり、従来、咀嚼能力評価に用いられてきた食品であるピーナッツ、生米、チューインガム等では、高齢者、特に床義歯装着の高齢者に適さないと考えられる。この他、食塊形成能に関して、阿部³⁴⁾はレトルト米飯を用いて分析しているが、測定に時間がかかり、チェアサイドで行うには適さない。そこで、チェアサイドで簡便に咀嚼回数の計測が行える食品として、煎餅、ナチョス、クラッカーを考慮した。最終的には日本人の若年者から高齢者までの幅広い年齢層の嗜好にあった食品として煎餅を選択した。特に吸水量の違う煎餅ごとの咀嚼回数を求め、比較検討を行い吸水性の高い煎餅において唾液分泌量と有意な負の相関を認めた。このことは嚥下までの咀嚼回数が少ない者が、嚥下までの咀嚼回数が多い者と比較して食塊を嚥下できる状態、すなわち嚥下閾以下の状態に早期に到達していると考えられるた

め、吸水性の高い煎餅を用いて嚥下までの咀嚼回数を計測することにより、食塊形成能力が評価できると考えられる。なお、煎餅を用いた今回の研究を基にして食塊形成能力評価食品の開発を行う予定である。

2. 評価項目について

1) 唾液分泌量について

本研究では、唾液分泌量が各評価項目に大きく影響すると考えられたので、唾液分泌量に影響を与えると考えられる因子について以下のように規格化した。常用薬を内服している者は除き、体位は座位で統一した。明るさについては、専用の実験室の同じ場所で行い、点灯する電灯も統一した。季節については、すべての被験者について秋(10月)のみに行った。

今回測定した、被験者の刺激唾液分泌量は、平均1.63g/分であり、正常値といわれる1~2ml/分¹³⁾の範囲内であった。また、異常とみなされる0.5ml/分以下の被験者はみられず、この点からも被験者として適当であったと考えられる。

2) 煎餅の咀嚼回数について

食物の嚥下が良好に行えるためには、食物が嚥下閾以下に粉碎されていること、唾液と混和して食塊形成のできる湿潤状態となっていることの2つが重要であると考えられている¹²⁾。この2つの要件を満たして、嚥下運動に移行する具体的な嚥下閾は不明であるが、その基準に達するまで咀嚼運動は行われていると考えることができる。したがって、嚥下に至るまでの咀嚼回数は、嚥下に必要な要件を満たす生体側の指標であるといえる。この観点から今回、吸水性が高く食塊になり易い食品である煎餅を用い咀嚼能力の評価を試みた。

また、咀嚼回数の計測には片側咬筋に双極表面電極を貼付することにより、筋電図波形のバースト数により求め、咀嚼回数を数えていることを知られずに無意識下で、咀嚼回数の計測を行った。これ以降この方法を咀嚼回数計測法と呼ぶことにする。

3) 他の咀嚼能力評価法との比較について

本研究では、新たに考案した咀嚼回数計測法を評価するために、過去に報告されてきたピーナッツの篩分法による粉碎度、舌側貯留率と食塊形成能力に大きな影響を与える因子の1つである唾液分泌量との関係を比較検討した。このことにより、それらのパラメータとの関係から煎餅の咀嚼回数計測法が、咀嚼能力評価法として、適正なものかを明らかにできると考え、実験を行った。

4) 各評価項目の変動について

また、測定回数は各実験試行において1回ずつとした。これについてはまず予備実験として、同一日に数回の測定（日内変動）、あるいは他の日に同じ測定を繰り返した（日間変動）結果、咀嚼回数については個人のなかで変化はなかった。KawamuraとNobuharaの報告³⁵⁾によると正常者では、嚥下までに要する咀嚼時間は同一人ではほぼ一定で、変動も少ないという事より、本研究の予備実験の結果と一致する。また、舌側貯留率・粉碎度についても、同一条件で数回の測定を繰り返した結果、個人のなかで変化は認められなかった。このため、1回の測定をその被験者の代表値として検討することにした。

3. 実験結果について

1) 唾液分泌量と舌側貯留率の関係

表1、図5に示したように、ピーナッツの20回咀嚼時において、唾液分泌量が多い者ほど舌側貯留率が増加する傾向がみられた。すなわち、唾液分泌量が多い被験者では咀嚼の進行に伴って、ピーナッツ粒子が頬側から舌側に移送される割合が多くなり、嚥下しやすい状態になる割合が高くなるといえる。このことは、唾液の影響を受けて食物を凝集する作用、すなわち食塊の形成が行い易くなっているため舌側への食物の移送能が高くなったと考えられる。

舌側貯留率について、木戸¹⁴⁾は、咀嚼の過程で食物粒子が口腔前庭側から舌側へ蓄積されることを明らかにし、食物の舌側貯留の程度が咀嚼能力を推し量る一つの指標として有用であると結論づけている。また、金田ら³²⁾は、片側遊離端義歯装着患者を対象としピーナッツを用いて義歯装着の効果について分析し、粉碎度では差がみられなかったが、舌側貯留率では有意差がみられたと報告している。

2) 唾液分泌量と粉碎度の関係

唾液分泌量と粉碎度の関係は表2に示すように明確な相関はみられなかった。高崎ら³⁶⁾は、唾液分泌量が咀嚼効率に及ぼす影響について薬剤で唾液分泌量を減少させると、ピーナッツの咀嚼効率が有意に低下することを報告している。

本研究では、被験者の相関関係を分析し、全体の傾向をみたので、高崎らのように条件設定した2群間の比較のような結果にはならなかったと考えられる。

3) 咀嚼回数と唾液分泌量の関係

表3、図6に記載したように唾液分泌量が増加すると煎餅②、煎餅③では咀嚼回数が減少することが明らかになった。特に煎餅③においては $p < 0.01$ であり、

このことから吸水性の高い煎餅がこの評価法に適しているといえる。

楠元¹¹⁾は、塩酸ピロカルピンと硫酸アトロピンを用いて唾液分泌量を調整し、クッキー、ライス、ソーセージを咀嚼させて、唾液分泌量が増加すると嚥下に要する時間が減少し、逆に唾液分泌量が減少すると嚥下に要する時間が延長すると報告しており、本研究と同様の結果であった。これらのことも前項で述べたように唾液分泌量が多いと食塊形成しやすいことの現れであり、種々の食品でも同じ傾向がみられる。

同じ論文で楠元は、3種類の食品の中でクッキーが最も唾液分泌量の影響を強く受け、食塊水分量が食塊を嚥下する時期の決定に影響を与えていると報告している。クッキーや本研究で使用した煎餅は、元来、水分含有量は少なく、これら咀嚼の主体は、粉碎よりも嚥下に適した水分量を混和し、食塊形成することであると考えられる。

4) 咀嚼回数と舌側貯留率の関係

表4、図7に示すように、吸水性の高い煎餅である煎餅③の嚥下までの咀嚼回数と舌側貯留率に有意な負の相関が認められた（ピーナッツ10回、20回咀嚼時）。このことより、咀嚼回数計測法は、咀嚼の進行とともに頬側より舌側に食物を移送し、食塊が嚥下閾以下の状態となるまでの咀嚼回数を定量的な数値として評価しているといえる。

金田ら³²⁾はピーナッツ舌側貯留率について、咀嚼が進み、嚥下するときに近づくにつれ、飲み込むには食塊が咽頭により容易に送り込むことのできる位置、すなわち口腔前庭よりも舌側にある量を調べることで咀嚼能力を推測する一指標となるとしている。この点で両因子ともに舌側の食塊形成能を違う側面から分析しているといえる。よって、両因子間に負相関がみられた事は、理にかなったことであるといえる。

5) 咀嚼回数と粉碎度の関係

表5、図8に示すように、煎餅の咀嚼回数と粉碎度に有意な相関が認められなかった。今回粉碎度を求めるために用いた篩分法は、ピーナッツを用いたManly¹⁾や生米を用いた石原²⁾が報告したように、粉碎性食品の咀嚼の進行についての感度が高いとされている。しかし、本研究で咀嚼能力評価のために実験で用いられた煎餅は、吸水性の高い食品で咀嚼が進行すると、食塊水分量の早期の上昇が認められると考えられる。楠元¹¹⁾やPrinz¹²⁾の報告によると食塊水分量が食塊を嚥下する時期に影響を与えていると報告している。このことより煎餅は、粉碎片になって口腔内に分

散するよりも、唾液と混和されて、早期に食塊となると考えられるので、粉碎よりも食塊形成能力を評価していると考えられる。言い換えれば、嚥下前までの咀嚼によって食塊を形成するまでの咀嚼回数を計測しているため、ピーナッツの粉碎度と煎餅の咀嚼回数で相関が見られなかったと推察できる。

4. 咀嚼回数と嚥下閾

嚥下閾に影響を与える因子として咀嚼時の唾液量、舌や頬粘膜などの軟組織の動き、口峽の感覚などが影響し、個人それぞれにおいて異なっている。

Shiere³⁷⁾らは、食物を口に入れてから嚥下するまでの咀嚼回数を Swallowing threshold と名づけ、河村³⁸⁾はこれを嚥下閾と定義している。また、食塊形成能力を評価するためには、食物が粉碎され、唾液と混和されて、食塊となるまでの評価すなわち嚥下前までの評価が必要である。そのため嚥下前までの咀嚼回数を評価の指標とし、吸水性の高い煎餅を用いて初回嚥下までの咀嚼回数を計測する方法（咀嚼回数計測法）は、食塊形成能力評価が可能であると考えられた。

5. 咀嚼回数計測法

咀嚼機能を評価するために種々の方法が考案されてきたが、それらの殆どは、食物の粉碎能力の評価法である。しかし、嚥下に適した食塊が形成されるまでには様々な要因が関係しており、食物の粉碎程度だけを評価するのでは不十分であると考えられる。また、それらの評価法は特殊な機械を必要とし、煩雑であり、一般臨床医が簡単にその評価を行うことができないという欠点も存在する。そのため、一般臨床医が、容易に食塊形成能力も含めた咀嚼能力を評価する方法を考案し、有効性の検討を行った。その結果、唾液分泌量と舌側貯留率を予測可能であることが示唆された。食塊形成能に大きく関与する要因は、唾液分泌量¹¹⁾と舌側貯留率³²⁾と報告されている。この点から、この咀嚼回数計測法が食塊形成能を表していると考えられる。

V. 結 論

我々が考案した煎餅の咀嚼回数を利用した食塊形成能力からみた咀嚼能力評価法（咀嚼回数計測法）の有効性を検討するために行った研究から以下のことが明らかになった。

1. 3種類の性状の異なる煎餅の吸水量を比較した結果、他の2種類の煎餅と比較してさくさくサラダせん（煎餅③）の吸水量が有意に大きかった。
2. 唾液分泌量と、煎餅②、煎餅③の初回嚥下までの

咀嚼回数には有意な負の相関が認められた。特にさくさくサラダせん（煎餅③）がその傾向は大きかった。

3. 煎餅の咀嚼回数と、ピーナッツの舌側貯留率に有意な負の相関が認められた（煎餅③のみ）。
4. 今回の研究で用いた煎餅の咀嚼回数とピーナッツの粉碎度との間に有意な相関は認められなかった。

以上より、さくさくサラダせん（煎餅③）の初回嚥下までの咀嚼回数を計測することにより、唾液分泌量と舌側貯留率の両者の予測が可能であることが示唆された。吸水性の高い煎餅の咀嚼回数を利用した咀嚼能力評価法（咀嚼回数計測法）は簡便な方法であり、個人の食塊形成能力を評価することができると考えられる。今後、この方法を用いて、義歯装着患者の咀嚼能力等、旧来の方法での測定に問題があると考えられる咀嚼能力を評価していく予定である。

VI. 文 献

- 1) Manly, R.S. and Braley, L.C.: Masticatory performance and efficiency, J Dent Res, 39: 448-462, 1950
- 2) 石原壽郎：篩分法による咀嚼能率の研究，口病誌，22：207-255，1955
- 3) 羽田 勝，田部孝治，柄 博治ほか：チューインガムによる咀嚼能力の測定－測定用試料としてのチューインガムの基本的性質－，広大歯誌，9：232-235，1977。
- 4) 羽田 勝：チューインガムによる咀嚼能力の測定－測定方法の統計学的分析－，広大歯誌，9：252-258，1977。
- 5) 羽田 勝，柄 博治，田部孝治ほか：チューインガムによる咀嚼能力の測定－石原の簡易測定法との比較－，広大歯誌，9：259-264，1977。
- 6) 羽田 勝：咀嚼能力に影響を及ぼす諸因子とそれらの関係の統計学的解析，広大歯誌，10：21-33，1978。
- 7) 増田元三郎，藤山恵正，古賀一郎ほか：A T P 顆粒剤を用いた吸光度法による新しい咀嚼能力測定法 第1報 測定方法と試料としてのA T P の性質について，日口科誌，30：103-110，1981。
- 8) 増田元三郎：A T P 顆粒剤を用いた吸光度法による新しい咀嚼能力測定法 第2報 健全歯列者における本法と石原の咀嚼能力簡易測定法との比較，日口科誌，31：355-359，1982。

- 9) 増田元三郎：A T P 顆粒剤を用いた吸光度法による新しい咀嚼能力測定法 第3報 上顎義歯装着者と健全歯列者，総義歯装着者の咀嚼能力の検討，日口科誌，32：498-508，1983.
- 10) 山本 誠：全部床義歯装着者の咀嚼能率，咀嚼筋活動および下顎運動による咀嚼機能評価，阪大歯学誌，38：303-331，1993.
- 11) 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.
- 12) Prinz, J. F. and Lucas, P. W.: Swallow threshold in human mastication. Arch Oral Biol, 40: 401-403, 1995.
- 13) W. M. Edgar and D. M. O'Mullane. (河野正司監訳)：Saliva and Oral Health SECOND EDITION (唾液 歯と口腔の健康，48，医歯薬出版，東京，1997)，1996.
- 14) 木戸寿明：咀嚼時の食物動態に関する研究，補綴誌，40：524-534，1996.
- 15) Pommerenke, W. T.: A study of the sensory areas eliciting the swallowing reflex. Am. J. Physiol., 84: 36-41, 1927
- 16) 上羽隆夫，猪股幸四郎，倉橋昌司，菅谷栄一，古山俊介，細井和雄，村上俊樹：スタンダード口腔生理学，学建書院，東京，1994，p.289-293.
- 17) 延原通夫：不正咬合者の咀嚼機能に関する研究，Ⅱ 不正咬合者の嚥下閾に関する研究，阪大歯誌，3：74-78，1958.
- 18) 河村洋二郎，塚本周作：咀嚼習慣形成機序に関する実験的研究。Ⅰ食物粉碎度と嚥下閾，歯界展望，16：1039-1046，1959.
- 19) 塩澤光一，城西秀樹，柳澤慧二：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.
- 20) 渡辺 茂，平井敏博，広瀬哲也ほか：実験的な唾液分泌機能低下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，3：37-42，1993.
- 21) 柴崎貞二，坂入 博，高橋 修ほか：乳幼児用食品の硬さについての研究 第1報：ビスケットの硬さの違いが咀嚼筋活動に与える影響，小児歯誌，19：497-506，1981.
- 22) 木幡浩子，原田 努，松久保隆ほか：市販加工食品の食感の唾液分泌および咀嚼時間に及ぼす影響，日本栄養・食糧学会誌，40：299-305，1987.
- 23) 高橋淳子，中沢文子：咀嚼パターンによる食品テクスチャーの評価（第2報）食品のテクスチャーと厚さが咀嚼活動に及ぼす影響，家政誌，40：189-194，1989.
- 24) Horio, T. And Kawamura, Y.: Effect of texture of food on chewing patterns in the human subject, J. Oral Rehabil., 16: 177-183, 1989.
- 25) 塩澤光一，柳澤慧二，吉野壮一郎ほか：咀嚼試料の物理的性状変化が咬筋筋活動及び咀嚼回数に与える影響，鶴見歯学，16：63-69，1990.
- 26) 塩澤光一，柳澤慧二，吉野壮一郎ほか：咀嚼試料の味質及び物性が嚥下までの咬筋筋活動量及び咀嚼回数に与える影響，鶴見歯学，17：301-311，1991.
- 27) 蕭 美栄，河野 亘：食品テクスチャーの違いが嚥下までの咀嚼時間に与える影響，補綴誌，37：172-181，1993.
- 28) Dahlberg, B.: Themasticatory habits. An analysis of the number of chews when consuming food, J. Dent. Res., 25: 67-72, 1946.
- 29) Lucas, P. W. and Luke, D. A.: Is food particle size a criterion for the initiation of swallowing?, J. Oral Rehabil., 41: 27-34, 1999.
- 30) 平沼謙二：咬合面積並びにその咀嚼効率に及ぼす影響，補綴誌，1：17-36，1957.
- 31) 橋本 譲：篩分法による各種咀嚼粉碎試験用食品の比較について，口病誌，26：648-676，1959.
- 32) 金田 恒，土田幸弘，河野正司：咀嚼における片側遊離端義歯装着の意義，補綴誌，43：592-601，1999.
- 33) 加藤一誠，河野正司，新井映子ほか：Videofluorography の支援による有床義歯補綴治療，補綴誌，44：625-632，2000.
- 34) 阿部真之介：食塊の物性が嚥下閾に与える影響，小児歯誌，39：704-711，2001.
- 35) Kawamura, Y., and Nobuhara, M.: Studies on masticatory function II . The swallowing threshold of persons with normal occlusion and malocclusion, Med. J. Osaka Univ., 8: 241-246, 1957
- 36) 高崎英仁，越野 寿，平井敏博ほか：唾液分泌量が咀嚼効率に及ぼす影響，補綴誌，47：526-534，2003.
- 37) Shiere, F.R. and Manly, R.S.: The effect of the changing dentition on masticatory function, J. Dent. Res., 31: 526-534, 1952
- 38) 河村洋二郎：臨床口腔生理学（Ⅰ），医歯薬出版，東京，1954，p.111