

調理動作に関する筋電図解析 (第1報)

泡立て動作の巧緻性について

下坂 智恵, 下村 道子, 石田 優子, 真家 和生*, 近藤 四郎*

(大妻女子大学家政学部, *大妻女子大学人間生活科学研究所)

平成4年2月24日受理

Electromyographical Analysis on Cooking Movement (Part 1)

On the Skilled Movement of Egg White Foaming

Chie SHIMOSAKA, Michiko SHIMOMURA, Yūko ISHIDA,

Kazuo MAIE* and Shiro KONDO*

Faculty of Home Economics, Otsuma Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 102

* Institute of Human Living Sciences, Otsuma Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 102

The electromyographical (EMG) analysis during egg foaming was carried out to clarify the skilled foaming movements. The foam of the egg white was evaluated by the whippability and the stability. The EMG and integrated EMG (IEMG) of the *M. biceps brachii*, *M. triceps brachii*, *Mm. flexor digitorum*, and *Mm. extensor digitorum* were used for the analysis. It was concluded that 1) the linear correlation coefficient between whippability and stability was significantly high ($r=0.95$, $p<0.01$), 2) the subject with high total IEMG showed high foaming ability, 3) the subject who used the wrist snaps rather than elbow flexions showed high foaming ability, and 4) the subject who whipped the egg white at a higher rate showed high foaming ability.

(Received February 24, 1992)

Keywords: egg white 卵白, whippability 起泡力, EMG 筋電図解析, foaming movements 泡立て動作, skill movement 巧緻的動作, movement analysis 動作解析.

1. 緒 論

スポンジケーキなどの膨化調理の要点の一つに卵白の泡立て方法があげられる。この泡立て動作は、製品の膨化程度やテクスチャーに大きな影響をおよぼす¹⁾ 故に重要であり、スポンジケーキを作るときの条件としては、多くの気泡が早くでき、しかも安定度の高い気泡を作ることである²⁾ といわれる。卵白の泡立てに関しては、従来より多くの研究³⁾⁻⁶⁾ がなされているが、それらの研究は卵白泡そのものの研究や小麦粉を用いた膨化調理に関するものなどであり、「泡立て」という動作そのものに関する研究はほとんどない。また、調理分野での動作に関する筋電図学的分析による研究は、箸に関する研究⁷⁾⁻⁹⁾、庖丁操作に関する研究¹⁰⁾ などであり、それらの数も少ない。

そこで、本研究では、泡立て動作に、上肢の筋または

筋群がどのように関わり、各筋、各筋群の収縮活動の強弱がどのように影響するのかを筋電図により調べ、泡立て動作の効果的な方法を探ることを目的とした。また、卵の泡を利用するには、起泡力と、その泡の安定度が要求されるので、起泡力、安定度ともに高い泡を作るのに関与する動作上の因子を探ろうとした。

2. 試料および実験方法

(1) 試 料

鶏卵は白色レグホン系品種の市販のものを用いた。鶏卵1個が55.4g以上、63.1g未満のもので、卵白のpHが8.6~8.9(卵白温度 $25\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、ガラス電極pHメーター、日立-堀場、D-14)のものを使用した。卵白は、24メッシュの裏ごし器で2回裏ごし、均一にした。この卵白を10mlのメスピペットで、5mlの流下時間を測定

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Subject No.	Age (years)	Stature (cm)	Body weight (kg)	Maximum upperarm circumference (cm)	Maximum forearm circumference (cm)	Grip strength (kg)	
						R	L
1	23	155.0	52.0	25.6	22.7	34.5	31.5
2	24	155.0	56.0	28.8	24.7	32.5	31.0
3	24	161.8	63.6	27.2	23.6	30.0	27.0
4	24	151.4	55.4	27.3	24.3	23.0	23.0
5	26	155.5	59.8	27.9	23.8	20.5	24.5
6	26	163.0	48.0	22.8	22.5	37.0	32.0
7	24	158.4	52.8	25.2	23.7	33.0	24.5
8	22	158.4	50.2	23.8	23.1	29.0	29.0
9	23	156.4	51.6	24.4	21.7	27.5	27.0
10	24	157.4	55.8	24.3	22.2	23.0	22.5
11	21	155.6	60.0	27.9	24.3	26.5	28.5
12	25	163.1	74.8	31.2	26.8	32.5	25.5
13	27	157.4	53.3	24.7	22.2	26.0	25.5
14	24	151.4	57.0	29.5	25.0	30.5	30.5
15	19	157.4	49.8	22.5	21.0	23.0	22.0
16	20	155.8	44.8	21.7	20.8	22.0	21.5
17	20	163.3	52.0	23.2	21.6	24.5	26.0
18	20	155.6	53.0	24.8	22.5	23.0	23.0
19	19	153.3	47.4	24.0	22.1	25.0	22.5
20	19	155.2	55.4	26.6	23.5	24.5	22.0
21	20	153.5	49.5	23.9	21.9	30.0	26.0
22	19	152.6	47.0	22.0	21.1	21.5	22.0
23	19	164.5	50.8	22.1	21.3	33.0	29.5
Mean	22.3	157.0	53.9	25.3	22.9	27.5	25.9
1 S.D.	±2.6	±3.8	±6.3	±2.5	±1.5	±4.6	±3.3

したところ、18秒前後であり、粘度はほぼ一定であった。

(2) 被験者

被験者は、19～27歳の右利きの女性で、大妻女子大学家政学部食物学科の助手11人、同大学食物学科および家政科の学生12人を無作為に選んだ。被験者の身体計測値をTable 1に示す。経験歴、手のけがの有無などは対面式質問により調査した。服装は、右手が自由に動かせるように、半袖のTシャツ着用とした。

(3) 泡立て方法

卵白30gをバイレックス製ボウル（内径185mm、深さ90mm）に入れて、ボウル用安定受台の上に置き傾斜を一定にした。被験者には、手動泡立て器（茶せん型、ステンレス製輪型針金7本付き、長さ270mm、重量90g）を、上から握るように持つこと、時計方向に泡立て

ること、最後まで一定の力とリズムで泡立てることを指示し、10秒毎に時間を知らせながら泡立てを行ってもらった。起泡力が高く、安定度のある泡の作製に影響する因子を検討するため、泡立て回数などは自由とし、被験者には普段と同様に泡立てを行うよう指示した。泡立て時間は、予備実験により、泡立て後に液が残存しないこと、泡立て過ぎにならないことを考慮して60秒間とした。1回泡立てた後7分間の休憩を入れ、1人につき3回測定を行った。

(4) 起泡力と安定度の測定

起泡力は、Baldwinら¹¹⁾、青木ら¹²⁾の方法により、あらかじめシャーレ（内径55mm、深さ16mm）の容量（A ml）と重量（B g）を測定しておき、起泡した直後の泡をこのシャーレにとり重量（C g）を測定し、 $A/(C-B)$ を算出して起泡力とした。

調理動作に関する筋電図解析 (第1報)

泡の戻り率は、Eldridge¹³⁾、青木ら¹²⁾の方法を参考に、泡を入れたシャーレを、ろうとに入れた目皿の上に逆さに置き、一定時間後に戻った液の重量 (D g) を測定し、最初の泡の重量 ($C-B$) g との比率をもって泡の戻り率とした。すなわち、泡の戻り率 $= D / (C - B) \times 100$ (%) である。

泡の安定度は、泡の戻り率を 100 から引いた値で示した。5分毎に 30 分間測定を行った。これらの測定は、1 人につき 6 回行い、その平均値を用いた。

(5) 筋電図による測定

1) 被験筋

泡立て動作を行う時に、最もよく関わっていると考えられる筋は、主として、Fig. 1 に示した上腕二頭筋 (屈筋) (①)、上腕三頭筋 (伸筋) (②)、前腕屈筋群 (③)、前腕伸筋群 (④) であると考えられるので、これら 4 つの筋または筋群を被験筋とした。

2) 筋電図および積分筋電量

使用機器は、ポリグラフ 360 システム (日本電気三栄) で、筋電増幅器として、生体電気用バイオエレクトリックアンプファイアー 1253A (日本電気三栄) を使用し、積分器は、インテグレーター 1322 (日本電気三栄) を用いた。電極は、径 36 mm のディスクポザブル電極 (日本電気三栄) を用い、Fig. 1 に示したように各筋、各筋群とも電極の中心間距離が 50 mm になるように被験筋に貼付し、双極誘導法で表面筋電図を導出し、その筋電 (EMG: electromyography) を積分した。積分筋電図 (IEMG: integrated electromyography) は、筋の収縮量を調べる上で有効であると考えられている。泡立て動作の筋電図 (原波形) とともに積分筋電図を示した (Fig. 2)。筋電測定は 1 分間行い、被験者の動作が

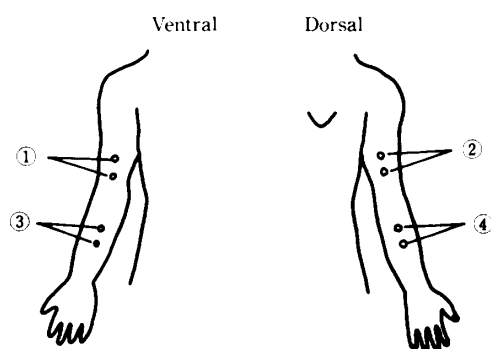


Fig. 1. Electrodes positions for EMG

① *M. biceps brachii*; ② *M. triceps brachii*; ③ *Mm. flexor digitorum*; ④ *Mm. extensor digitorum*. The distance between two electrodes is 50 mm.

安定した泡立て開始後 20 秒より 35 秒までの 15 秒間を 5 秒毎の 3 期に分け、1 秒あたりの積分筋電量 (IEMG 値, $\mu V \cdot sec$) 3 個を得た。これを各被験者につき 3 回ずつ行い、1 人につき合計 9 個の積分筋電量から平均値をとり、これを泡立て時の積分筋電量とした。以後、各筋または各筋群の積分筋電量を ①', ②', ③', ④' とする。

(6) タッピングテストおよびマッチボードテスト

タッピングテストは、長さ約 6 cm のレバーを約 2 cm 上下させながら打ちつけて、その回数をカウントしていくもので、手を早く動かすことができること (速応性)、すなわち手首の屈曲、伸展の切り替えの速さを調べるテストとして知られている。1 分間のカウント回数をその被験者の値とした。マッチボードテストは、縦 22 cm、横 30 cm の台面にある 2 cm 間隔の穴に、長さ約 4 cm のスティックを立てていくもので、細かい作業を正確に、速く行えること (巧緻性) を調べるテストである。1 分間に台面に立てたスティックの本数をその被験者の値とした。

3. 実験結果および考察

(1) 卵白の起泡力と安定度との関係

泡立てた泡の放置時間における泡の戻り率についてみると、6 人の例を Fig. 3 に示したように、30 分後の泡の戻り率が最も高いのは、被験者番号 17 の 78.2% で、最低は 7 番の 10.9% であった。あとの 21 人は、この範囲内にあり、安定度においては、非常に幅があった。

卵の泡を利用するには、起泡力と安定度が要求される。そこで、今回泡立てた泡の起泡力と安定度との相関をみると (Fig. 4)、相関係数 $r = 0.95$ ($p < 0.01$) となり、高度に有意な相関が認められた。起泡力と安定度との間に相関が認められたので、以後、起泡力と筋、筋群との関係について検討を行うこととした。

(2) 筋または筋群と起泡力との関連

卵白の泡立て動作時の積分筋電図から、前述のように 1 秒間あたりの各被験者の平均積分筋電量 ($\mu V \cdot sec$) を求めた (Table 2)。この ①~④の各筋、各筋群の積分筋電量および 4 つの筋、筋群の総積分筋電量と泡立て動作がどのように関わっているのか検討した。

1) 総積分筋電量と起泡力との関係

各被験者の上腕二頭筋 (屈筋) (①)、上腕三頭筋 (伸筋) (②)、前腕屈筋群 (③)、前腕伸筋群 (④) の筋、筋群の積分筋電量を合計した総積分筋電量と起泡力との相関をみると (Fig. 5)、 $r = 0.70$ ($p < 0.01$) で、有意な正の相関があった。総積分筋電量が大きい人は起泡力が

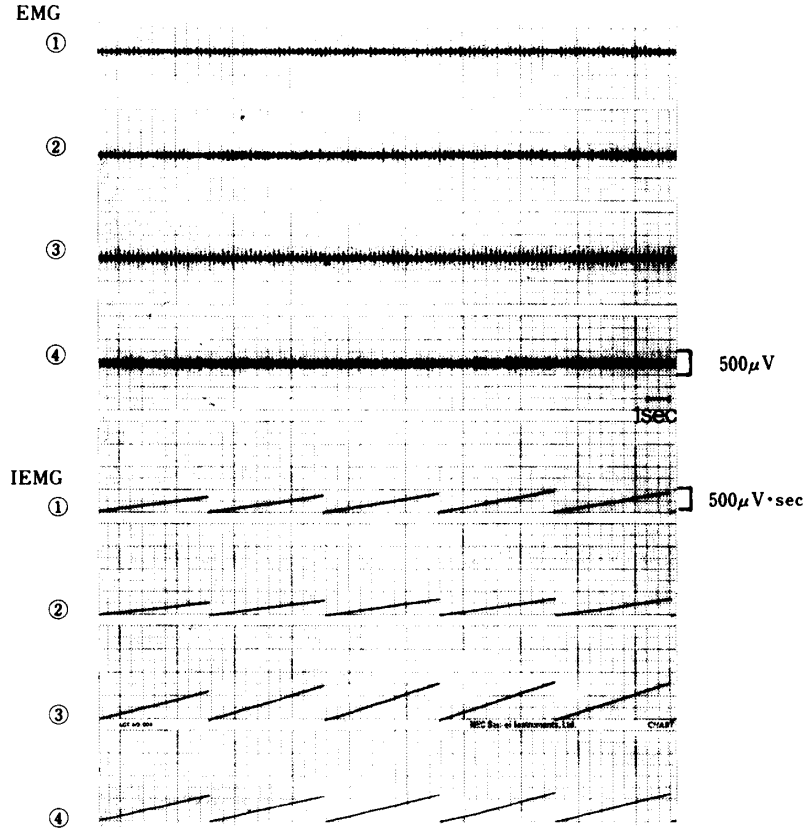


Fig. 2. EMG and IEMG during foaming

① *M. biceps brachii*; ② *M. triceps brachii*; ③ *Mm. flexor digitorum*; ④ *Mm. extensor digitorum*.

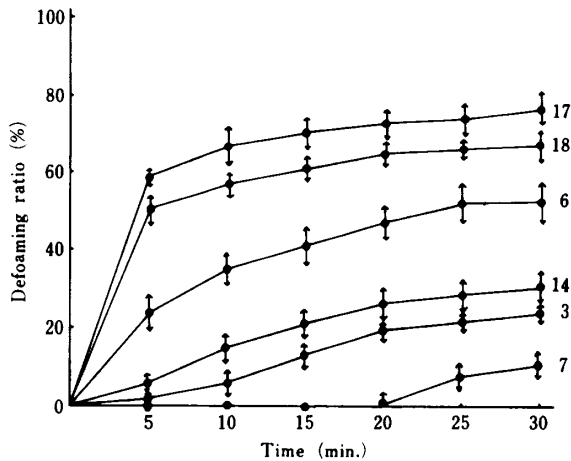


Fig. 3. Transition of defoaming ratio
No.'s represent the subject's No.'s.

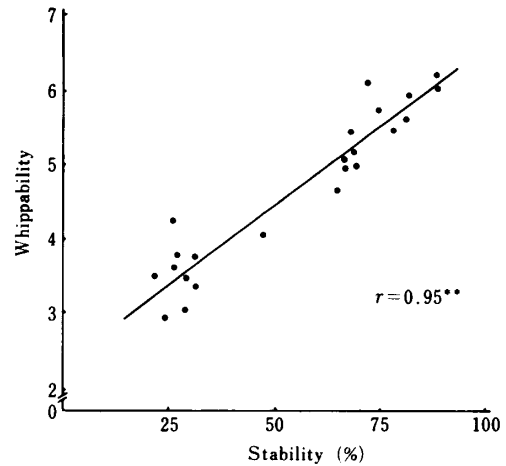


Fig. 4. Correlation between whippability and stability
** $p < 0.01$.

高くなっていることが示され、被験筋を多く使うの方が起泡力が高いという結果が得られた。

2) 各筋または各筋群の積分筋電量と起泡力との関係
4つの筋、筋群の総積分筋電量が大きいほど起泡力が高くなることが示されたので、つぎに屈筋および伸筋に

関わる各筋、各筋群と起泡力との関係を見た。まず、前腕と上腕の屈筋についての積分筋電量の比である屈筋比(③/①)と起泡力との関係を見ると (Fig. 6)、屈筋比の高い人ほど起泡力が高くなっていた。すなわち、上腕二頭筋よりも前腕屈筋群を使う人、あるいは上腕二頭筋

調理動作に関する筋電図解析 (第1報)

Table 2. IEMG of each muscle

Subject No.	IEMG ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)			
	①' <i>M. biceps brachii</i>	②' <i>M. triceps brachii</i>	③' <i>Mm. flexor digitorum</i>	④' <i>Mm. extensor digitorum</i>
1	76±7	68±7	324±33	196±12
2	54±3	108±9	128±15	126±16
3	36±3	94±6	244±27	122±14
4	56±7	106±5	154±12	248±19
5	52±2	84±6	156±6	108±13
6	76±6	104±6	146±10	114±9
7	74±8	104±8	220±21	162±14
8	28±2	90±4	110±10	100±12
9	74±7	96±4	116±12	106±19
10	80±2	140±7	146±11	120±7
11	68±9	122±9	186±13	156±13
12	60±3	96±9	168±22	86±8
13	82±9	69±8	156±26	116±16
14	61±6	43±3	126±6	138±8
15	58±6	38±4	122±8	66±4
16	98±9	57±9	91±8	103±15
17	50±4	40±5	97±14	104±7
18	54±5	36±4	81±9	106±11
19	47±4	50±2	71±6	89±10
20	57±4	59±3	68±7	94±3
21	32±3	35±6	81±6	71±3
22	48±4	53±3	104±5	92±6
23	26±2	25±3	93±11	90±6

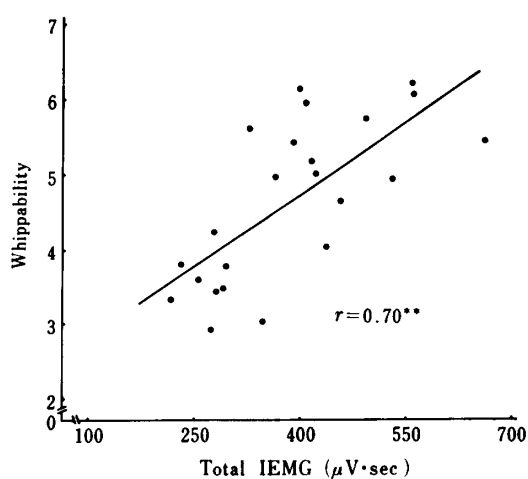


Fig. 5. Correlation between whippability and total IEMG

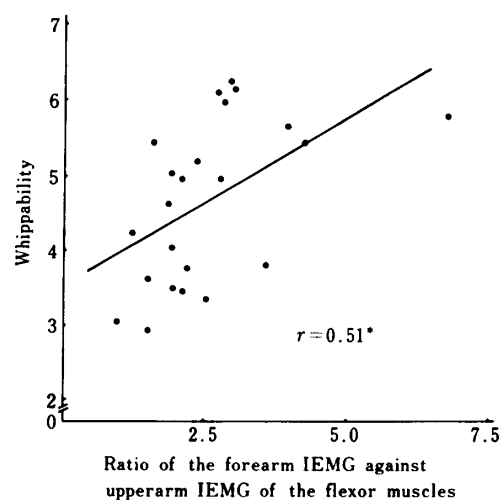
** $p < 0.01$.

Fig. 6. Correlation between whippability and the ratio of the IEMG of the flexor muscles

* $p < 0.05$.

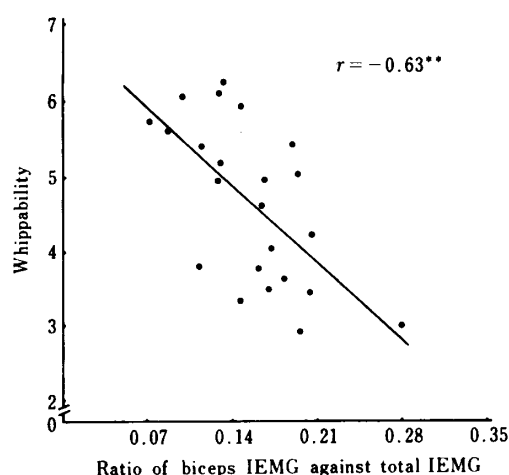


Fig. 7. Correlation between whippability and the ratio of biceps IEMG against total IEMG

** $p < 0.01$.

をあまり使わない人の起泡力が高いことが示された。

そこで、4つの筋、筋群の総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合 $\{①' / (①' + ②' + ③' + ④')\}$ と起泡力との相関 (Fig. 7) および4つの筋の総積分筋電量に対する前腕屈筋群の積分筋電量の割合 $\{③' / (①' + ②' + ③' + ④')\}$ と起泡力との相関をみると、前者は $r = -0.63$ ($p < 0.01$) で負の相関が認められ、後者は相関が認められなかった。このことは、上腕二頭筋をあまり使わない人ほど起泡力が高くなることを示しており、起泡力を高くするには、上腕二頭筋をあまり使わないように、すなわち肘をあまり動かさないように泡立て動作を行うことが起泡力を高める上で効果があると考えられた。そのため、腕を胸の脇に固定するような姿勢で、泡立て動作を行う方がよいと考えられる。つぎに、前腕と上腕の伸筋についての積分筋電量の比である伸筋比 $(④' / ②')$ と起泡力との相関をみると $r = -0.36$ で両者に相関はなく、伸筋比は、起泡力にはあまり影響していないといえる。

これらのことから、泡立て動作には、屈筋比が影響していて、伸筋比は影響していないことが認められた。

3) 泡立て回数と起泡力との関係

起泡力を高めるためには、総積分筋電量大きいこと、屈筋比が高いこと、総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合が低いことが関係していたので、つぎに、泡立て回数が起泡力向上に関係があるかどうかをみた。泡立て回数と起泡力との関係は (Fig. 8)、泡立て回数の多い人ほど起泡力が高く、両者の間に正の相関関係 ($r = 0.85$, $p < 0.01$) があり、起泡力を高める要素の一

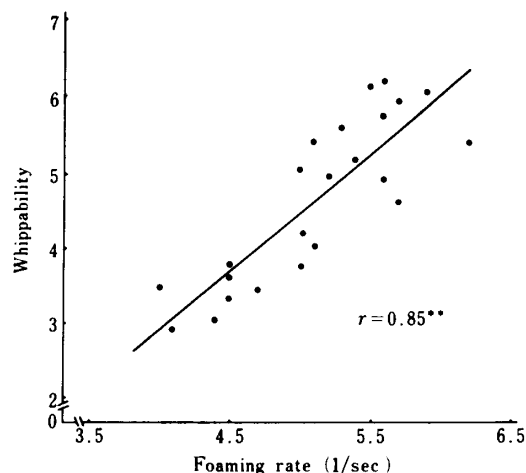


Fig. 8. Correlation between whippability and foaming rate

** $p < 0.01$.

つとして泡立て回数も関係することが認められた。1) で総積分筋電量の大きい人ほど起泡力が高くなることを述べたが、泡立て回数が多ければ、総積分筋電量も大きくなるので、この中には攪拌の回数も関与していたと考えられる。今回の実験は、泡立てに影響する因子を見いだすことが目的の一つであったので、泡立て回数は指示せず、各被験者の泡立てやすい速度で泡立てを行ってもらった。

先に屈筋比の値が高くなるほど、また、上腕二頭筋をあまり使わないほど起泡力は上昇することが示された。このことは、肘よりも手首を主に泡立て動作を行う方が結果として泡立て回数も多くなるのではないかと考えられたので、屈筋比と泡立て回数との相関および総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合と泡立て回数との相関をとってみると、前者は正の相関があり、後者は負の相関があった (Fig. 9)。上腕二頭筋を使う人ほど泡立て回数は少ないことが示され、2) で述べた上腕二頭筋を使う人ほど起泡力が低かったことと考え併せてみると、上腕二頭筋をよく使う、すなわち肘を使って泡立て動作を行う場合は、動きが大きくなり、手首に力が入らず、スナップもきかなくなるので、泡立て回数が少なくなり、結果として起泡力が低下すると考えられた。

起泡力に泡立て回数が影響していたので、泡立て動作1回あたりの積分筋電量を算出し、起泡力との関係を探ってみた。1回の泡立てに要する総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合 $\{①' / (①' + ②' + ③' + ④') / \text{回}\}$ と起泡力の相関をみると、 $r = -0.76$ ($p < 0.01$) で負の相関があり、これは、泡立て回数に関係な

調理動作に関する筋電図解析 (第1報)

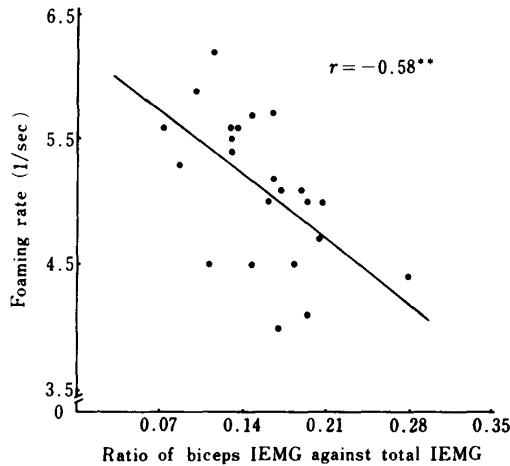


Fig. 9. Correlation between foaming rate and the ratio of biceps IEMG against total IEMG

** $p < 0.01$.

く、上腕二頭筋をよく使う人は、起泡力が低くなることを意味している。上腕二頭筋を使うことは、泡立て回数を少なくする原因の一つにもなり、泡立て回数1回あたりでも、上腕二頭筋を使うことは、起泡力を低下させるということが示された。肘を張った状態で、腕を固定したまま泡立て動作を行っても泡立て回数を多くすることはできるが、上腕二頭筋を無駄に使うことになるので、腕を胸の脇にしまって腕を固定するようにして肘をリラックスさせて泡立てることが、泡立て動作には効果的であることが示された。

泡立て回数の多い人ほど起泡力が高くなることが示され、大部分の人が該当していたが、被験者の中には、泡立て回数が多くなくても起泡力の高い人がいた。そこで1回に要する総積分筋電量と起泡力との関係を見ると (Fig. 10)、正の相関があり、単なる泡立て回数だけではなく、1回に使用する総積分筋電量が多い人ほど起泡力が高くなることが示された。したがって、卵白を打つ力の強さも起泡力に関係しているといえる。

調理実習の時間の学生指導において、強い力で泡立てたグループと、力を入れないようにゆるく泡立てたグループに分けて同一時間、同一回数泡立てて进行比较したところ、明らかに強く泡立てたグループのほうが泡の量が多くなっていった。

これらのことから、起泡力が向上する泡立て動作は、なるべく上腕二頭筋を使わないように、腕を胸の脇にしまって固定するようにして肘をリラックスさせて、手首を使い、泡立て回数が多くなるように、しかも1回に要する総積分筋電量が多くなるように泡立てることが効果

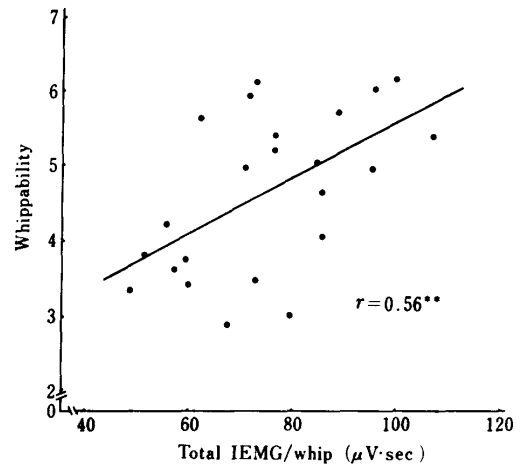


Fig. 10. Correlation between whippability and total IEMG per whip

** $p < 0.01$.

的であるということが示された。

以上のことから、起泡力に関係すると考えられた4つの総積分筋電量、屈筋比、泡立て回数の3つを説明変数とし、起泡力を目的変数とする重回帰分析を行った。偏回帰係数 (Table 3) をみると、決定係数が0.74、重相関係数が0.86となり、相関の高い重回帰式が求められ、標準化偏回帰係数は、泡立て回数が0.84と最も高く、泡立て回数が起泡力に与える影響が大きいことが考えられた。しかし、このことは先にも述べたように、屈筋比が大きくなることにより泡立て回数が多くなり、泡立て回数が多くなることで4つの総積分筋電量も大きくなるというように、これらは単独の因子ではなく説明変数間に強い相関関係がある。そこで、つぎに相関関係の高い泡立て回数を除いて、重回帰分析を行った (Table 4)。偏回帰係数は、決定係数が0.58、重相関係数が0.76となり F 検定によっても、回帰による変動の説明は1%の危険率で有意であった。また、標準化偏回帰係数は、総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合の-0.65が最も高く、1回あたりの総積分筋電量は、0.44でつぎに高く、 t 検定結果によれば、これら2つの偏回帰係数は有意であった。これらのことは、総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合および1回あたりの総積分筋電量が、起泡力に与える影響が大きく、総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合が小さいほど、起泡力は大きくなり、1回あたりの総積分筋電量が多くなるほど、起泡力は大きくなることを示している。

泡立て動作と上肢の筋、筋群との関係について筋電図

Table 3. Partial regression coefficients and standardized partial regression coefficients of three items (①'+②'+③'+④'), ③'/①' and foaming rate) determining the whippability

Partial regression coefficient		Standardized partial regression coefficient		
Coefficient of determination	Multiple correlation coefficient	①'+②'+③'+④'	③'/①'	Foaming rate
0.74	0.86	-0.07	0.13	0.84

①'+②'+③'+④', total IEMG; ③'/①', ratio of the forearm IEMG against upperarm IEMG of the flexor muscles.

Table 4. Partial regression coefficients and standardized partial regression coefficients of three items {③'/①', ①'/(①'+②'+③'+④') and (①'+②'+③'+④')/whip} determining the whippability

Partial regression coefficient		Standardized partial regression coefficient		
Coefficient of determination	Multiple correlation coefficient	③'/①'	①'/(①'+②'+③'+④')	(①'+②'+③'+④')/whip
0.58	0.76	-0.15	-0.65	0.44

③'/①', ratio of the forearm IEMG against upperarm IEMG of the flexor muscles; ①'/(①'+②'+③'+④'), ratio of biceps IEMG against total IEMG; (①'+②'+③'+④')/whip, total IEMG per whip.

をとり検討した結果、起泡力が高い泡を立てるには、屈筋比が高くなるように、つまりなるべく上腕二頭筋を使わないようにするために、上肢を拘束しない程度に脇をしめ、手首を主に泡立て動作を行うことである。このような動作で泡立てると、スナップが効いてくるし、泡立て回数も多くなり、その結果、総積分筋電量が大きくなり、起泡力が上昇するものと考えられた。また、これらのこととは別に、泡立て回数だけではなく泡立て1回あたりの総積分筋電量が大きいほど、起泡力は高くなることが示された。

(3) タッピングテスト、マッチボードテストと起泡力
タッピングテストおよびマッチボードテストを行ったところ、両テストにおいて得点の高い被験者は、起泡力も高い値を示し、相関係数はそれぞれ $r=0.78$ ($p<0.01$) および $r=0.77$ ($p<0.01$) であった。手首の速応性をみるタッピングテストでは、得点が高いということは、手首の屈曲、伸展がすばやく切り替えられることであり、スナップがきくということを意味しているので、起泡力と対応していると推測された。巧緻性を調べるマッチボードテストによって、細かい作業を正確にすばやくできる人は、起泡力が高いという興味ある結果となった。

4. 要 約

卵白の泡を利用するには、起泡力と安定度が要求される。そこで、起泡力を向上させ、安定度の高い泡を作るには泡立ての動作はどのようにしたらよいかを知らうとして、泡立ての動作に関連している各筋、各筋群の収縮活動の強弱を筋電図により調べ、起泡力との関係を探った。

(1) 卵白の起泡力と安定度との間には、高度に有意な正の相関が認められ、起泡力が高いものは安定度も高いことが示された。

(2) 卵白の泡立て動作時の上腕二頭筋(屈筋)①、上腕三頭筋(伸筋)②、前腕屈筋群③、前腕伸筋群④の4つの筋、筋群の総積分筋電量と起泡力との相関をみると $r=0.70$ ($p<0.01$) で有意な正の相関があり、総積分筋電量が大きい人は起泡力が高くなることが示された。

(3) 前腕と上腕の屈筋についての積分筋電量の比である屈筋比(③'/①')の高い人ほど起泡力は高くなった($r=0.51$, $p<0.05$)。また、上腕二頭筋をあまり使わない人ほど起泡力が高くなることが示され、起泡力を高くするには、上肢を拘束しない程度に脇をしめ、手首を主に泡立て動作を行うと泡立ちがよくなるであろうことが示唆された。

(4) 泡立て回数と起泡力との関係をみると、正の相関

調理動作に関する筋電図解析 (第1報)

劣箇があり、一定時間の泡立て回数が多い人ほど起泡力は高くなり、起泡力を高くする要素の一つとして泡立て回数に関係することが認められた。

(5) 総積分筋電量に対する上腕二頭筋の積分筋電量の割合 $\{①' / (①' + ②' + ③' + ④')\}$ と泡立て回数との間には負の相関があり、上腕二頭筋を使う人ほど泡立て回数は少なくなった。

(6) 泡立て1回に要する総積分筋電量と起泡力との間には正の相関があり、卵白を打つ力の強さが強い人ほど起泡力は高かった。

(7) タッピングテストおよびマッチボードテストの得点と起泡力を比較すると、それぞれの得点の高い被験者の起泡力が高いという興味ある結果が得られた。

終わりに、今回の実験にご協力いただきました、大妻女子大学家政学部食物学科の助手ならびに学生に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 村田安代, 岡本純代, 小林トミ, 寺元芳子: 家政誌, **36**, 151~160 (1985)
- 2) 山崎清子: 調理のための調理実験, 同文書院, 東京, 46 (1978)
- 3) 村田安代, 岡本純代, 茂木文枝, 小林トミ, 寺元芳子: 家政誌, **37**, 163~173 (1986)
- 4) 吉田レイ: 家政誌, **19**, 422~425 (1968)
- 5) 吉田レイ: 家政誌, **20**, 490~493 (1969)
- 6) 呉 明淑, 吉松藤子: 家政誌, **33**, 457~462 (1982)
- 7) 向井由紀子, 橋本慶子: 家政誌, **28**, 230~235 (1977)
- 8) 向井由紀子, 橋本慶子: 家政誌, **29**, 467~473 (1978)
- 9) 向井由紀子, 橋本慶子: 家政誌, **32**, 622~627 (1981)
- 10) 上野ヨウコ, 桑本千賀子, 山本郁也: 家政誌, **42**, 775~781 (1991)
- 11) Baldwin, R.E. and Sinthavalai, S.: *J. Food Sci.*, **39**, 880~882 (1974)
- 12) 青木 宏, 山口(下坂)智恵: 日食工会誌, **24**, 130~135 (1977)
- 13) Eldridge, A.C., Hall, P.K. and Wolf, W.J.: *Food Technol.*, **17**, 120~123 (1963)