咀嚼面および咀嚼能力と咬筋筋電図の左右側の比較について

九州歯科大学生理学講座 (主任：中原 敏教授)

中 村 修 一・本 田 栄 子・大 曲 統司明・中 原 敏

(昭和57年5月14日受付)

Comparison of Food Platform Areas, Masticatory Performance, and Electromyograms of Masseter Muscles in the Left and Right Sides

Shuichi Nakamura, Eiko Honda, Toshiaki Ohmagari and Satoshi Nakahara

Department of Physiology (Chief : Prof. Satoshi Nakahara)

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

Food platform areas, masticatory performance and electromyograms of masseter muscles, of the left and right sides, in 15 male adults were investigated. Difference between the left and right sides in these values was compared with each other. The standard of comparison was based on fluctuation over 10%.

The results were as follows :

1. At intercuspal position, food platform area and activity of electromyograms were greater on one and the same side, either the right or the left side, in six of the fifteen subjects. In other three subjects, the area was greater on one side and the activity on the other side. This was regarded as an indication of relationship between food platform area and activity of electromyograms.

2. Activities of electromyograms at intercuspal position and during natural chewing of test foods coincided on one side in five subjects, but did not coincide in other two subjects. Therefore, there appears to be some relationship between the activity of electromyograms at intercuspal position and that during natural chewing of the test foods.

3. The masticatory performance during natural chewing of the test foods averaged $3.93 \pm 0.49 \text{ kg. cm/g}$, subconscious chewing on the left side $3.85 \pm 0.94 \text{ kg. cm/g}$, and subconscious chewing on the right side $4.05 \pm 0.82 \text{ kg. cm/g}$.

There was no relationship among them.

The difference in food platform areas between the left and right sides was not directly related with the difference in the masticatory performance, during subconscious chewing, between the left and right sides.

はじめに

中原ら（1971）¹⁾は咬合時に疼痛を伴わない18歳から46歳までの男女127名の被験者について両側咬筋の筋電図を調べ、中心咬合位で噛みしめた時に、左右の放電に差異が認められるものが29.9%あったことを報告している。また、その左右の差異は習慣的咀嚼等に原因するのではないかと述べている。

そこで著者らは咀嚼筋筋電図の左右の差異に関連すると思われる咀嚼面積・咀嚼能力などについて実験を行い、その関係を調べた。

研究方法

臼歯部に欠損がなく、噛みしめた時疼痛がない成人男性15名を被験者として実験を行った。

1. 咀嚼面の計測

咬頭嵌合位における小臼歯および大臼歯の接触面積を咀嚼面として求めた。

厚さ0.05mmの咬合印象用ペーパーの両面に咬合印象用ペーストを塗布し、咬頭嵌合位で印象採得を行った。この印象を写真用引伸器に固定し、咬合平面に対し垂直方向から光をあて、一定比率で拡大しケント紙に記録した。面積の計測は、トレースした咀嚼面を切り抜き重量を秤量し、ケント紙の重量、面積比から計算して求めた。

2. 咀嚼筋筋電図

咀嚼筋筋電図は中原ら（1971）¹⁾、中村（1981）²⁾の方法に従い左右の咬筋から記録した。電極は表面電極を用いブラウン管オシロスコープで観察記録した。なお筋電図は積分計を用いて同時に積分値としても記録した。

3. 咀嚼能力の計測

咀嚼能力は、佐藤（1958）³⁾の人工試料を用い、太田（1966）⁴⁾の方程式によりエネルギーとして表示した。実験は、人工試料を自由に噛んだ時と、左または右側の歯列で意識的に噛んだ時の3通りについて行った。また咀嚼能力のテストと同時に、左右の咬筋から筋電図を記録した。この咬筋の放電は積分計を用いて積分し左右の放電活動の比較を行った。

4. 計測値の有意性の判定および、計測値の左右の差異の判定

計測値の有意性の判定には、F検定で分散を検討し、t検定を行った。また、筋電図の積分値、咀嚼面積、咀嚼能力などの計測値の左右の差異の判定には左側を基準として比率を求め、その比が10%を越える者に対して左右差があるとした（Ratio 0.9 以下、1.1 以上のもの）。

実験結果

I. 咀嚼面積の計測

Fig. 1 に、左右咀嚼面の測定例を示す。この例では左側の咀嚼面積は 51.95mm^2 、右側の咀嚼面積は 85.89mm^2 であった。このようにして得た15名の咀嚼面積を Table 1 に示す。左右の差がほとんどない（左右比10%以内）者は15名中1名であった。左側咀嚼面の方が大き

Fig. 1 Food platform area

This figure shows the food platform area on condition that distance of inter occlusal space in the intercuspal position is 0.05mm. The left area is 51.95mm^2 , the right area is 85.89mm^2 .

Fig. 2 The electromyogram of the left and the right masseter muscles when clenching at intercuspal position.

In each record the upper trace shows an electromyogram and the under trace shows an integrated electromyogram.

Table 1 Food platform area.

This table shows food platform area of the left and right side and its ratio.

Case	Food platform area (mm ²)			
	Left side area	Right side area	Total area	Ratio (R/L)
1	80.54	121.85	202.39	1.51
2	51.95	85.89	137.84	1.65
3	49.84	73.91	123.75	1.48
4	43.08	41.22	84.30	0.95
5	17.24	19.72	36.96	1.14
6	26.45	39.98	66.43	1.51
7	31.74	27.19	58.93	0.86
8	8.48	14.37	22.85	1.69
9	13.24	38.09	51.33	2.88
10	14.13	11.19	25.32	0.79
11	8.09	18.01	26.10	2.23
12	7.50	12.64	20.14	1.69
13	25.47	31.24	56.71	1.23
14	27.58	20.44	48.02	0.74
15	13.75	4.45	18.20	0.32
Mean	27.94	37.35	65.28	1.38
SD	20.68	32.59	52.40	0.64

い被験者（左右比10%以上の者）は15名中4名であり、残りの10名は右側咀嚼面の方が大きかった。左側咀嚼面の平均は $27.94 \pm 20.68 \text{ mm}^2$ であり、右側咀嚼面の平均は $37.35 \pm 32.59 \text{ mm}^2$ であった。しかし両者の間には有意の差は認められなかった。左側咀嚼面の面積を1とした時の、左右の面積比の平均は 1.38 ± 0.64 であり、左側より右側の方が大きい傾向を示した。

2. 咀嚼筋筋電図

咬頭嵌合位における左右咬筋の放電活動とその積分曲線の測定例を Fig. 2 に示す。Table 2 に15名の被験者の左右咬筋筋電図の積分値を示す。左および右の咬筋筋電図の積分値に差が認められない者は15名中5名であり、左側の積分値が大きかった者は5名であり、右側の積分値が大きかった者は5名であった。積分値の平均は左側で $31.92 \pm 10.65 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ であり、右側で $31.63 \pm 10.45 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ であった。この左右の咬筋筋電図の積分値の平均には有意の差は認められなかった。

3. 咀嚼能力の計測

人工試料を自然に噛ませた時と、片側で意識的に噛ませた時の咀嚼能力を検定した。回収した粉碎試料の粒度

Table 2 Integrated value of electromyogram of the left and right masseter muscles generated by clenching at intercuspal position.

Case	Integrated value of the electromyogram of the masseter muscles (V.sec/cm)		
	Left	Right	Ratio (R/L)
1	27.75	29.58	1.07
2	29.30	19.63	0.67
3	26.89	25.40	0.94
4	34.11	44.77	1.31
5	34.35	33.15	0.97
6	32.78	39.09	1.19
7	43.72	23.72	0.54
8	19.45	20.47	1.05
9	25.75	34.96	1.36
10	12.86	21.78	1.69
11	25.16	22.14	0.88
12	29.18	37.35	1.28
13	51.83	52.44	1.01
14	51.28	45.87	0.89
15	34.45	24.06	0.70
Mean	31.92	31.63	1.04
SD	10.65	10.45	0.30

分布の1例を Fig. 3 に示す。各試料の粒度分布曲線は直線性を示し Rosin-Rammlar の粉碎の法則を満足した。全被験者について咀嚼能力の測定値を Table 3 に示す。平均値は自然に人工試料を噛ませた時 $3.93 \pm 0.99 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ 、左側で噛んだ時 $3.85 \pm 0.94 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ 、右側で噛んだ時 $4.05 \pm 0.82 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ で3者間に有意の差は認められなかった (Fig. 4)。

なお、実際の咀嚼能力検定時に左右の咬筋から筋電図を記録した。その結果を積分値として Table 4 に示す。自然に噛ませた時の咬筋筋電図積分値の平均は左側咬筋で $131.45 \pm 81.07 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ 、右側咬筋で $134.51 \pm 64.05 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ であった。左側歯列で意識的に試料を咀嚼させた時の積分値の平均は、左側咬筋で $120.08 \pm 64.94 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ 、右側咬筋で $102.69 \pm 50.03 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ であった。これとは逆に右側歯列で意識的に試料を噛ませた時の積分値の平均は、左側咬筋で $116.03 \pm 54.73 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ 、右側咬筋で $130.76 \pm 45.27 \text{ v} \cdot \text{sec/cm}$ であった。またこの3者とも左右の咬筋の平均積分値には有意の差は認められなかった。

4. 咀嚼筋筋電図と咀嚼面積の関係について

Fig. 3 Distribution curve of pulverized particle by test food mastication.

This figure shows distribution curve of pulverized particle on natural chewing and subconscious chewing of the left or right side.

Fig. 4 Comparison of masticatory performance on natural chewing and subconscious chewing of test food on both sides.

The average of masticatory performance was $3.93 \pm 0.99 \text{ kg.cm/g}$ on natural chewing, $3.85 \pm 0.94 \text{ kg.cm/g}$ on the left side, $4.05 \pm 0.82 \text{ kg.cm/g}$ on the right side.

There was no correlation among them.

Table 3 Masticatory performance.

Masticatory performance was examined by natural chewing and subconscious chewing of the test food on the left and right side.

Case	Masticatory performance (kg. cm./g.)			
	Natural chewing	Left side chewing	Right side chewing	Ratio R/L
1	4.57	4.63	5.05	1.09
2	4.89	3.64	5.20	1.42
3	4.03	3.15	4.50	1.42
4	4.18	4.15	4.37	1.05
5	4.85	4.74	4.88	1.02
6	5.00	5.09	4.62	0.90
7	4.19	4.73	3.81	0.80
8	4.48	4.65	4.37	0.93
9	4.03	3.48	3.99	1.14
10	2.04	2.95	3.01	1.02
11	4.53	4.56	3.92	0.85
12	4.03	3.79	2.77	0.73
13	3.81	3.87	4.15	1.07
14	2.46	2.58	3.80	1.47
15	1.92	1.78	2.35	1.32
Mean	3.93	3.85	4.05	1.08
SD	0.99	0.94	0.82	0.23

咀嚼筋電図と咀嚼面積の関係を比較した Fig. 5 にそのうちの 1 例を示す。咬頭嵌合位で噛みしめた時の左右の咬筋筋電図の放電活動の差異と、咀嚼面積の左右の差異について、同側が共に大きい例は、15 名中 6 名であった。また両者の差異が逆になっている者は 3 名で残りの 6 名は筋電図および咀嚼面のどちらかに左右の差が認められない者であった。

咀嚼能力の検定は、人工試料を自然に噛んだ時、左または右の片側でそれぞれ意識的に噛んだ時の 3 通りの検定を行ったが、この時同時記録した筋電図について左右の差異を調べた。その結果は、自然に噛んだ時左側が大なる者は 4 名右側が大なる者 7 名、差が認められない者 4 名であった。左側で意識的に噛んだ時左側が大なる者 8 名、右側が大なる者 3 名、差が認められない者 4 名であった。右側で意識的に噛んだ時左側が大なる者 4 名、右側が大なる者 10 名、差が認められない者 1 名であった。

咀嚼面積の左右の差異と、咀嚼能力検定時に同時記録した筋電図の左右の差異を比較した。3 通りで行った咀嚼能力検定時の筋電図が、共に左または右のどちらかに

Table 4 Comparison of integrated electromyogram of the left and right side generated during the masticatory performance test.

Integrated electromyogram were recorded during natural chewing and subconscious chewing of test food on the left and right side.

Case	Integrated value of the electromyogram of the masseter muscles (V.sec/cm)								
	Natural chewing			Left side chewing			Right side chewing		
	Left	Right	Ratio	Left	Right	Ratio	Left	Right	Ratio
1	57.05	73.65	1.29	46.55	67.40	1.44	108.05	139.15	1.28
2	63.35	91.20	1.44	79.90	33.40	0.41	68.45	86.75	1.26
3	116.25	102.95	0.89	94.10	55.90	0.59	121.05	109.85	0.90
4	124.80	125.55	1.01	127.45	83.90	0.65	105.40	173.50	1.64
5	128.95	172.10	1.33	186.35	140.20	0.75	138.20	171.95	1.24
6	138.50	172.25	1.24	98.25	152.55	1.55	105.45	117.60	1.11
7	140.60	59.30	0.42	88.60	63.50	0.71	105.90	48.50	0.45
8	63.70	110.60	1.74	99.90	83.40	0.83	68.30	131.90	1.93
9	150.90	193.21	1.28	146.80	149.02	1.01	105.62	171.20	1.62
10	46.30	75.72	1.64	53.52	62.12	1.16	62.60	108.41	1.73
11	93.40	98.90	1.06	101.11	97.80	0.96	82.60	100.82	1.22
12	326.30	249.71	0.77	257.42	194.20	0.75	214.30	172.20	0.80
13	132.10	132.50	1.00	104.43	97.20	0.93	106.11	128.60	1.21
14	299.10	269.80	0.90	251.90	188.83	0.74	263.30	222.10	0.84
15	90.50	90.21	1.00	64.90	70.91	1.09	85.10	78.90	0.92
Mean	131.45	134.51	1.13	120.08	102.69	0.90	116.03	130.76	1.21
SD	81.07	64.05	0.34	64.94	50.03	0.31	54.73	45.27	0.40

Fig. 5 Electromyogram of the masseter muscles and food platform area.

The electromyogram was recorded from the left and right masseter muscles on clenching at inter-cuspal position and edge to edge position.

On this example, the electrical activity and the food platform area of the right side were greater than that of the left side.

片寄って大なる者が15名中7名いた。しかも、この7名の被験者の内4名は、咀嚼面積の左右の差異も筋電図と同様に一致した。しかし、1名は逆の関係であった。

5. 咀嚼筋筋電図と咀嚼能力の関係について

咬頭嵌合位における咀嚼筋筋電図の放電活動の左右の差異と、咀嚼能力検定において、自然に人工試料を噛ませた時に同時記録した左右咬筋筋電図の差異を比較した。両者の差異が、共に左および右のどちらかに片寄っている者は、15名中5名であった。また、両者の差異が逆の者は2名で、残りの8名は両者間またはどちらかに左右の差異が認められなかった。

6. 咀嚼面積と咀嚼能力の関係について

15名の被験者における、咀嚼面積と咀嚼能力（人工試料を自然に噛んだ時）との相関を調べたところ、両者間の相関係数 r は0.39であった。

次に、咀嚼面積の左右の差異と、左または右の片側でそれぞれ意識的に人工試料を噛ませた時の咀嚼能力の左右の差異を比較した。両者の左右差が、共に一致する者は、15名中4名であり、相反する者は5名、残りの6名は差異が認められない者であった。

考 察

I 咀嚼筋筋電図と咀嚼面積の関係について

延原（1958）⁵⁾ は、ピーナツ咀嚼時の左右の咀嚼筋（咬筋、側頭筋）の活動を比較したところ、正常咬合者では放電振幅に左右の差がなく、両側とも同期して活動しているが、不正咬合者では側頭筋、咬筋ともに振幅に著明な左右差があり、同期性も悪いことを報告している。

一方中原ら（1971）¹⁾ は127名の被験者について、両側咬筋の放電活動を調べたところ、中心咬合位での噛みしめ時に、左右の放電に差異が認められる者が29.9%いることを報告している。この左右の差異について、中原らは1)年齢との関連を指摘し、加齢とともに放電活動に差異がみられる者が増加する傾向があることや2)放電が大きい方が習慣的咀嚼側と一致する例が多いこと（38例中29例）3)さらにこれらの放電の差は、経時的にあまり変化しないことなどをあげている。

本実験の場合、咬頭嵌合位で噛みしめた時、左右咬筋の放電活動に差異が認められる者は、全被験者15名中10名であった。これは、中原ら（1971）¹⁾ の報告よりも左右差の大きいもの多かった。

咬筋の放電活動および咀嚼面積が、共に左または右のどちらかに片寄って大きい例は、15名中6名に認められた。このように多数の例で放電活動の差異と咀嚼面積の

差異が一致することは、両者の間の関連を示唆するものと思われる。

II. 咀嚼筋筋電図と咀嚼能力の関係について

咀嚼能力について、人工試料の噛み方を、上記のように自然に噛んだ時と、左および右の片側でそれぞれ意識的に噛んだ時の3通りの検定を行ったが、咀嚼能力の平均は、自然に噛んだ時 $3.93 \pm 0.99 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ であり、左側で $3.85 \pm 0.94 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ 、右側で $4.05 \pm 0.82 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ で3者の間に有意の差は認められなかった。予想では左右の区別なく自然に噛んだ時が、咀嚼能力が高値を示すのではないかと考えたが、3者間には差異は認められなかった。このような結果は左または右の片側咀嚼が意識的であることが関係しているのではないかと考えられる。

III. 筋電図

咬頭嵌合位で噛みしめた時の左右咬筋の放電活動と、咀嚼能力検定時に同時に記録した左右咬筋の筋電図の積分値を比較した。咬頭嵌合位における咬筋放電活動と、咀嚼能力検定に際して自然に咀嚼させたときの咬筋放電活動が、左または右のどちらかが大きかった者は15名中7名であった。このうち5名は、咬頭嵌合位での放電活動の左右の差異と、人工試料咀嚼中の放電活動の左右の差異が一致したが、他の2名では異なっていた。このように全員が一致しなかったのは、ただ意識的に噛みしめた場合と、咀嚼試料が口腔内にあるときでは異なった結果を生じる可能性があることを意味するものと思われる。この点に関しては更に検討が必要である。

咀嚼面積の左右の差異と咀嚼能力検定時に同時記録した筋電図の左右の差異を比較したところ、3通りで行った咀嚼能力検定時の筋電図が、ともに左または右のどちらかに片寄って大きい者は15名中7名であった。しかも、この7名の被験者の内4名は、咀嚼面積の左右の差異が、筋電図の左右差と一致していた。このことは、咀嚼面積の大きい側が咀嚼しやすく、これが習慣化したのではなかろうか。

また、人工試料を自然に噛んだ時は、左側が大なる者4名、右側が大なる者7名、差が認められない者4名で、右側が大きい者がやや多いが、3者間にはほとんど差が認められなかった。これに比べ、片側で意識的に人工試料を噛んだ時は、作業側の放電活動が大となり、左側で噛んだ時、左側が大なる者は15名中9名であり、逆に右側で噛んだ時右側が大なる者は15名中10名であった。自然な咀嚼時の左右咬筋の活動の差異は、咬頭嵌合位における左右放電の差異と関連強いが、意識的に左または右で咀嚼させた時の左右の咬筋の活動は、作業側の

放電活動がより活発になるものと思われる。

IV. 咀嚼面積と咀嚼能力の関係について

咀嚼面積と咀嚼能力の関係について、Dahlberg (1946)⁶⁾は両者の間に弱い相関があることを報告している。Manly (1951)⁷⁾は103名の被験者について、咀嚼面積と咀嚼能力の関係を調べたところ、強い相関がある、と述べている。また中島 (1976)⁸⁾は、両者の関係について、咬合面間距離 1 mm の時、最も相関が高い (相関係数 $r = 0.7 \sim 0.8$) ことを示し、さらに両者の関係は、咀嚼面積がある限界を越えると咀嚼能力の上昇を認めないと報告している。

本実験において、咀嚼面積と咀嚼能力 (自然に噛んだ時) との相関係数 r は、0.39 と低い値を示した。中島 (1976)⁸⁾は、咀嚼能力と咀嚼面積の関係について、その相関を左右する最も重要な因子に、咬合面間距離があると報告している。すなわち咬合面間距離 1 mm の時、最も相関が高く ($r = 0.767$)、相関が最も低いのは、点接触 ($r = 0.587$) の時としている。本実験の場合、咀嚼面積と咀嚼能力との相関関係が低かったのは咀嚼面の測定を咬合面間距離 0.05 mm で行なっていることが関係していると思われる。

次に、咀嚼面積の左右の差異と、左または右の片側で意識的に人工試料を噛ませたときの咀嚼能力の左力の差異を比較したところ、左右差が一致する者は 4 名、逆に一致しない者は 5 名であった。このことは、咀嚼面積の左右差と咀嚼能力の左右差との関連はあまりないものと思われる。

ま と め

臼歯部に欠損のない成人男性 15 名について、咀嚼面および咀嚼能力と咀嚼筋電図の関係について調べた。

咀嚼面は、咬合面間距離 0.05 mm の時の臼歯部の接触面積を計測した。咀嚼能力は太田 (1966)⁴⁾の方法に従い、人工試料を自然に噛んだ時と、左側または右側の歯列で意識的に噛んだ時の 3 通りについて求めた。咀嚼筋電図は、左右の咬筋より表面電極により導出し、その積分値を求めた。結果を要約すると、次の様である。

1. 咬頭嵌合位における左右の咬筋筋電図と咀嚼面積の関連は、放電活動および咀嚼面積が共に左または右のどちらか一方に片寄って大きい例は、15 名中 6 名であった。また、両者の関係が逆のものは 3 名であった。

2. 咬頭嵌合位における咬筋筋電図の左右の差異と、咀嚼能力検定時に自然に人工試料を咀嚼させた時の放電活動の大きい側が一致したものは 15 名中 5 名であった。また、両者の差異が逆のものは 2 名であった。

なお咀嚼能力検定において、片側で意識的に人工試料を噛ませた時の左右咬筋筋電図は作業側の放電活動が活発であった。

3. 咀嚼能力の平均は、人工試料を自然に噛ませた時 $3.93 \pm 0.99 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ であり、左側 Φ 歯列で強制的に噛ませた時、 $3.85 \pm 0.94 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ 、右側の歯列で強制的に噛ませた時、 $4.05 \pm 0.82 \text{ kg} \cdot \text{cm/g}$ であり、3 者の間に有意の差は認められなかった。

4. 咀嚼面積の左右の差異と、左および右の片側で計測した時の咀嚼能力の差異は、直接的な関連は認められなかった。

引 用 文 献

- 1) 中原 敏・本田栄子・大曲統司明・中村修一・井上 功：両側咬筋の放電活動の差異について。九州歯会誌 25：400—408, 1971.
- 2) 中村修一：半導体光位置検出器 (P S D) を応用した下顎運動記録装置に関する研究。九州歯会誌 35：343—358, 1981.
- 3) 佐藤通泰：咀嚼能率の測定に使用する人工試料の研究。九州歯会誌 12：440—457, 1958.
- 4) 太田俊平：エネルギーによる咀嚼能力の表示法。九州歯会誌 20：69—84, 1966.
- 5) 延原通夫：不正咬合者の咀嚼機能に関する研究。I. 筋電図による咀嚼筋活動の分析。阪大歯誌 3：63—73, 1958.
- 6) Dahlberg, B.: The masticatory habits. An analysis of the number of chews when consuming food. *J. Dent. Res.* 25：67—72, 1946.
- 7) Manly, R. S.: Factors affecting masticatory performance and efficiency among young adults. *J. Dent. Res.* 30：847—882, 1951.
- 8) 中島昭彦：咀嚼機能に関与する二、三の生理学的要因の分析。九州歯会誌 30：20—36, 1976.