



Title	口唇機能賦活のための口腔前庭に装着するプレートの形態と口輪筋活動および口輪筋疲労に関する研究
Author(s)	佐々生, 康宏
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45153">https://hdl.handle.net/11094/45153</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 学位論文

口唇機能賦活のための口腔前庭に装着するプレートの  
形態と口輪筋活動および口輪筋疲労に関する研究

大阪大学大学院歯学研究科  
高次脳口腔機能学講座  
顎口腔機能治療学教室  
(主任:和田 健教授)

佐々生 康宏

## 緒 言

口唇は、摂食・嚥下機能や構音機能の発現に重要な役割を果たしている<sup>1-7)</sup>。脳卒中や頭部外傷などの疾患を背景に口唇の運動機能が障害されると、食物の取り込み、咀嚼時の食塊の保持、口唇音の表出などが困難となり<sup>1,3-5,8,9)</sup>、摂食・嚥下障害や構音障害を生じて患者の社会参加を妨げるようになる<sup>10)</sup>。口唇機能の賦活のためには、口唇運動を担当する筋の機能を向上させる訓練が必要であり、筋に対して調節可能な負荷を継続的に安定して与えることが必要となる。

全身の筋に対する訓練では、同様の目的のために、対象となる筋の収縮運動に抵抗となる負荷を与える訓練具を使用することが一般的となっている<sup>11,12)</sup>。口唇の賦活訓練においても同様に、訓練具を用いた訓練法の構築が求められていると考えられる。

口唇運動の主体をなす筋が口裂を輪状に取り巻いている口輪筋であること<sup>13,14,15)</sup>か

ら、口輪筋の収縮運動に影響を与える訓練具としては口腔前庭に装着するものが考えられる。しかしながら、口腔前庭に装着する訓練具のどのような形態が口輪筋の賦活に有効であるのかは明らかではない。

本研究では、健常者を対象に口腔前庭に装着する実験用プレートを作製し、口輪筋筋電図を用いて、プレートの形態の基本的な要素である高径（上下径）、幅径（左右径）、厚み（前後径）と上・下口輪筋活動の関係を調べて、口輪筋の賦活に有効な形態を検討した。さらに、運動機能の賦活のための訓練では、筋に負荷を与える<sup>16,17)</sup>ことにより筋疲労を生じる<sup>18)</sup>ことから、検討した口輪筋の賦活に有効な形態を有するプレートを用いて模擬訓練を行った際に、口輪筋の疲労が生じるかを Mean Power Frequency (MPF) を指標にして検討した。

## 研究方法

実験Ⅰでは、口腔前庭に装着したプレートを前方に牽引し、口腔外に脱落しないように口唇閉鎖した時のプレートの高径（上下径）、幅径（左右径）と上・下口輪筋活動の関係を検討した。実験Ⅱでは、プレートを口腔前庭に装着し、上下口唇を閉鎖したときのプレートの厚み（前後径）と上・下口輪筋活動の関係を検討した。実験Ⅲでは、被験者が上下口唇を閉鎖できる最大の厚みを付与したプレート装着時に、持続的口唇閉鎖により上・下口輪筋に疲労が生じるかを検討した。

### 実験Ⅰ

#### [被験者]

大阪大学歯学部附属病院職員ならびに臨床系大学院生に対して、本研究の趣旨を説明し被験者としての協力を依頼した。同意を得られた者の中から、口唇閉鎖機能に関わる神経筋疾患、器質的および機能的障害の既往の

なかつた健常成人 5 名（男 2 名，女 3 名，年齢  $28.4 \pm 2.3$  歳）を被験者として選択した。

[実験用プレート] (図 1a, b)

実験用プレートは、全て厚みを辺縁まで均一な 3mm とし、以下に示す形状を有するよう、各被験者の上下顎の石膏模型から歯科用レジン樹脂（トレーレジン II, 櫛松風）を用いて作製した。プレートの高径は、上下顎前歯部での齶類移行部の間の距離 (ML : mucolabial length) および上下顎中切歯の歯頸線の間の距離 (TC : tooth cervical length) に等しい 2 種類とした。幅径は、上顎左右犬歯の遠心隣接面間の距離 ( $W_0$  : width,  $\pm 0\text{cm}$ )、 $W_0$  より 1cm 短い距離 ( $W_{-1}$ )、1cm 長い距離 ( $W_{+1}$ )、2cm 長い距離 ( $W_{+2}$ ) の 4 種類とした。被験者ごとに、これらを組み合わせた合計 8 枚のプレートを作製した。各プレートには、被験者が上下口唇を接触閉鎖した際の口裂中央部に相当する位置に牽引用の紐を固定し、牽引時に紐が口唇

閉鎖運動を阻害しないようにした。各プレートの名称を、「高径・幅径」で表した。すなわち、高径が TC、幅径が W<sub>1</sub> のプレートを TC・W<sub>1</sub> と表した。

#### [口輪筋筋電図]

皿型表面電極（NT-611T, 日本光電株）を用いて、右側の上下白唇のそれぞれより双極誘導（電極間距離 10 mm）で口輪筋筋電図を採取した。接地電極は右耳朶に設置した。筋活動の記録は、口蓋帆挙筋に関する館村らの方法<sup>19-22)</sup>に準じて行った。すなわち、口輪筋の筋電図信号は、入力箱（JB-101J, 日本光電株）を介して、生体電気用アンプ（AB-651J, 日本光電株）に高域遮断周波数 1kHz, 低域遮断周波数 50Hz（時定数 3 msec）で導出した。得られた筋電図信号を多用途積分ユニット（EI-600G, 日本光電株）により平滑化し、サーマルアレイレコーダ（WS-681G, 日本光電株）に記録するとともに、データレコーダ

(KS-616, ソニー株) に保存した。保存した信号を、A/D 変換機 (MacLab/8s, バイオリサーチセンター株) を介して, sampling rate 1000/sec. でパソコン用コンピュータ (Power Macintosh 7200/90, アップルコンピュータ株) に取り込み, 積分筋電図を再現した (図 2)。

#### [牽引力]

牽引力は, 引っ張り試験機 (DIGITAL FORCE GAUGE DPS-5, イマダ株) から出力した信号をレコーダ用パネル (PJ-681G, 日本光電株) を介して生体電気用アンプ (AB-620G, 日本光電株) に導き, サーマルアレイレコーダ (WS-681G, 日本光電株) に記録し, 牽引力の変化が記録紙上で視認できるようにした。引っ張り試験機の表示をピークモードとし, 牽引中に計測された牽引力の最大値を測定した。

## [実験方法]

被験者を楽な姿勢で正面を向かせて椅子に座らせた後、引っ張り試験機が被験者の口唇の高さに等しくなるように、引っ張り試験機の台の高さを調節した。プレート牽引用の紐を引っ張り試験機のフックにかけ、被験者には中心咬合位でプレートを口腔前庭に装着させた。プレートが口腔外に脱落しないように上下口唇の接触閉鎖を維持することを指示しておき、牽引力が単調に増大するよう記録紙上で監視しながら、引っ張り試験機を台上で前方・水平方向に牽引した。

実験は、 $TC \cdot W_{-1}$ ,  $TC \cdot W_0$ ,  $TC \cdot W_{+1}$ ,  $TC \cdot W_{+2}$ ,  $ML \cdot W_{-1}$ ,  $ML \cdot W_0$ ,  $ML \cdot W_{+1}$ ,  $ML \cdot W_{+2}$  のプレートの順に行った。あるプレートの牽引実験から次のプレートの牽引実験を行う間は、先行した実験による筋疲労の影響を排除するために、10分間の安静状態をとらせた<sup>23)</sup>。各プレートの牽引実験の試行回数はそれぞれ1回とした。

### [筋活動値の測定]

パソコン用ソフト（Chart ver3.6, バイオリサーチセンター㈱）を用いて、プレートが脱落した時点から牽引を開始した時点側に遡った2秒間の上下口輪筋の筋電図積分波形を分析対象とし、0.1秒おきの積分値を測定し、筋活動値とした（図3）。口輪筋活動値は、上下口唇それぞれの部位で測定された筋活動値のうちの最大値を100%として換算した%EMGで表した。

## 実験Ⅱ

### [被験者]

被験者として、実験Iと同じように職員ならびに大学院生に対して同意を得られた健常成人の中から5名（男2名、女3名、年齢28.4±2.6歳）を選択した。

[実験用プレート] (図 4a, b)

プレートの厚みの変化にともなう口輪筋活動の変化を検討するために、実験用プレートとして、厚みの異なる複数のプレートを歯科用レジン樹脂を用いて作製した。すなわち、高径および幅径はそれぞれ実験 I で記述した  $T_C$ ,  $W_0$  とし、厚みは 5.0 mm から 2.5 mm ずつ増加させて各被験者での口唇閉鎖が可能な最大の厚みまでの径とした。断面の形態は、プレートの中央部を所定の厚みとし、プレートの中央から辺縁に向かって薄くなるように前方に凸型の形状とした。各プレートの口唇粘膜と接触する面には、被験者が上下口唇を接触閉鎖した際の口裂中央部に相当するプレートの位置に、アクリル棒（直径 5.0 mm, 長径 5.0 cm）を咬合平面に平行となるように接着し、被験作業時に用手的にプレートを保持できるようにした。

### [口輪筋筋電図および実験方法] (図 5)

口輪筋筋電図の記録は、実験 I と同様に行つた。被験者には、眼耳平面が床と平行になるように椅子に座るよう指示をするとともに、自分自身で口唇の閉鎖を確認できるように、正面に鏡を設置した。次に、中心咬合位で厚み 5.0 mm の実験用プレートを口腔前庭に装着させ、上下口唇の接触閉鎖を開始するよう指示し、口唇閉鎖を 10 秒間維持させた時の口輪筋活動を記録した。さらに、口唇閉鎖が可能な最大の厚みまで 2.5 mm ずつプレートの厚みを増加させ、同様の記録を行った。

### [筋活動値の測定]

上下口唇が接触閉鎖した時点から 10 秒間の上下口輪筋の筋電図積分波形を分析対象とし、0.5 秒おきの積分値を測定し、筋活動値とした(図 6)。口輪筋活動値は、実験 I と同様に %EMG で表した。

### 実験 III

#### [被験者]

被験者として、実験 I と同じように職員ならびに大学院生に対して同意を得られた健常成人の中から 5 名（男 2 名，女 3 名，年齢 28.0 ± 2.9 歳）を選択した。

#### [口輪筋筋電図および実験方法] (図 7)

口輪筋筋電図の記録は、実験 I と同様に行った。実験 II と同じ方法で作製したプレートのうち、最大の厚みのプレートを用いて、実験 II の方法に準じて口唇閉鎖を 1 分間維持させた時の口輪筋筋電図を記録した。

#### [口輪筋疲労の評価]

口輪筋疲労の評価は、Mean Power Frequency (MPF)<sup>24-27)</sup>を用い、口蓋帆挙筋を対象にした野原らの方法<sup>28,29)</sup>に準じて行った。すなわち、上下口唇が接触閉鎖した時点から終了の指示までの 1 分間の筋電図信号を、

波形分析ソフト（Matlab/8s, バイオリサーチセンター㈱）を用いて0.5秒間ずつ周波数範囲0-1000Hz, 分解能0.98Hzにて周波数分析を行った。分析結果をテキストデータに変換し, あらかじめ以下の式をプログラムしておいた表計算ソフト（Microsoft Excel, マイクロソフト㈱）を用いてMPFを算出した。

$$MPF = \Sigma fp / \Sigma p$$

(f: 周波数, p: パワースペクトラム)

時間経過にともなうMPFの回帰直線を求めた。回帰直線の傾きを疲労の指標とし, 傾きが有意に負の値を示した場合を口輪筋の疲労と定義した。

## 研究結果

### 実験I

図8に, 被験者ごとのプレートの高径, 幅径と最大牽引力の関係を示した。全被験者を通じて, 同一高径では幅径の増加に応じて最大牽引力は増加した。また, 同一幅径では,

高径を TC から ML に増加すると、最大牽引力は増加した。すなわち、幅径または高径が増加すると、口裂からプレートを脱落させるのに必要な最大牽引力は増加していた。

図 9 に、被験者ごとのプレートの高径、幅径と上・下口輪筋活動の関係を示した。高径を TC とするプレートの幅径と上・下口輪筋活動値の順位相関係数 R を求めると、有意に負の相関関係を示すもの ( $R = -0.45$ )、有意に正の相関関係を示すもの ( $R = 0.64, 0.34, 0.50, 0.54, 0.59$ )、有意な相関関係を示さないものの ( $R = 0.06, 0.28, -0.12, -0.06$ ) が存在した（表 1）。高径を ML とするプレートの幅径と上・下口輪筋活動値の順位相関係数を求めるとき、有意に負の相関関係を示すもの ( $R = -0.36, -0.70, -0.44, -0.45$ )、有意に正の相関関係を示すもの ( $R = 0.64, 0.79$ )、有意な相関関係を示さないものの ( $R = -0.02, -0.06, 0.03, 0.21$ ) が存在した（表 2）。以上の結果から、同一高径において、幅径の増加に対して上・下口輪

筋活動は、被験者によって増加する場合、減少する場合、有意な変化を示さない場合があることが示された。高径 TC, ML のそれぞれのプレートについて、全被験者における平均筋活動値を幅径により分類して one-way ANOVA を行った結果、いずれの高径のプレートにおいても幅径間の上・下口輪筋活動値は異なるといふことは示されなかった（表 3）。

表 4 に、同一幅径での高径を TC とするプレートと高径を ML とするプレートの上・下口輪筋活動値の t 検定の結果を示した。その結果、口輪筋活動は、高径を TC とするプレートの方が有意に高い場合 ( $t = 7.97, 4.25, 7.62, 4.02, 2.72, 2.95, 7.16, 4.63, 3.26, 6.85, 2.55, 2.09, 5.92, 3.97, 6.66$ ;  $p < 0.05$ )、高径を ML とするプレートの方が有意に高い場合 ( $t = -3.46, -6.50, -18.85, -2.15, -2.99, -9.06, -2.53, -4.61, -6.91, -5.05, -7.78$ ;  $p < 0.05$ )、両者の間に有意差を認めない場合 ( $t = 0.87, -0.92, -1.52, -1.36, -1.03, -1.44, -1.30, 0.03$ )

1.52, -1.67, -2.01, 1.14, 0.00, -1.10) が存在した。同一幅径のプレートについて、全被験者における平均筋活動値を高径 ML と TC の間で t 検定した結果、いずれも有意差を示さなかった（表 5）。

以上の結果から、プレートの高径または幅径の増加に応じて、最大牽引力は増加するものの、高径、幅径の変化に対する上・下口輪筋活動の変化は、被験者内および被験者間によって一様ではないことが明らかとなった。

## 実験 II

図 10 に、被験者ごとのプレートの厚みと上・下口輪筋活動の関係を示した。プレートの厚みと上口輪筋活動値の順位相関係数は 0.92～0.95 ( $0.93 \pm 0.01$ ) を示し、いずれも有意の相関関係 ( $p < 0.01$ ) が認められた。厚みと下口輪筋活動値の順位相関係数は、0.90～0.98 ( $0.93 \pm 0.03$ ) を示し、いずれも有意の相関関係 ( $p < 0.01$ ) が認められた（表 6）。全被

験者における平均筋活動値を厚みにより分類して one-way ANOVA を行った結果、厚みの大きさによって上・下口輪筋の平均筋活動値に差があることが示された（表 7）。以上の結果から、プレートの厚みの増加に応じて上・下口輪筋活動は大きくなる傾向があることが示された。

各被験者について、プレートの厚みを説明変数、口輪筋活動値を目的変数として 2 次回帰曲線を求めた。その結果、上・下口輪筋での決定係数  $R^2$  はそれぞれ  $0.82 \sim 0.96$  ( $0.88 \pm 0.07$ )、 $0.81 \sim 0.93$  ( $0.89 \pm 0.05$ ) を示し、高い適合度を示した。各 2 次回帰曲線の頂点を求めた結果、頂点は被験者 #6 の上・下口輪筋、被験者 #8 の下口輪筋、被験者 #10 の上口輪筋では厚み 5.0 mm から 7.5 mm の間に、被験者 #10 の下口輪筋では厚み 7.5 mm から 10.0 mm の間に存在し、これらの頂点付近での口輪筋活動の増加の割合は小さく、頂点から遠ざかるにつれて厚みの増加とともに筋活動の増

加の割合は大きくなつた。一方、頂点が 5.0 mm から最大厚みの間以外に存在する被験者 #7 の上・下口輪筋、被験者 #8 の上口輪筋、被験者 #9 の上・下口輪筋では、厚みの増加に応じて口輪筋活動は直線的に増加していた（表 8）。

### 実験 III

図 11 に、口唇閉鎖可能な最大の厚みのプレートを口腔前庭に装着し、口唇閉鎖した時間の経過とともに上・下口輪筋の MPF の変化を示した。全被験者を通じて、時間経過とともに上・下口輪筋の MPF は低下する傾向が伺われた。各被験者について、時間を説明変数、MPF を目的変数として回帰直線を求めた結果、傾きは、上口輪筋では -1.02～-0.56 (-0.83 ± 0.19)、下口輪筋では -0.94～-0.48 (-0.75 ± 0.20) といずれも負の値を示した。傾きの有意性の検定の結果、いずれも有意性 ( $p < 0.01$ ) を認めた（表 9）。すなわち、上・

下口輪筋のMPFは、時間の経過とともに有意に低下することが示された。このことから、最大の厚みのプレートを口腔前庭に装着して口唇閉鎖することにより、上・下口輪筋は疲労することが示された。

各被験者での上口輪筋と下口輪筋の回帰直線の傾きの差の検定を行った。その結果、全被験者を通じて有意差を認めなかった（表10）。すなわち、口輪筋の疲労しやすさは、上下の口輪筋で同程度であることが示された。

## 考 察

### 方法の考察

本研究では口唇の解剖学的構造が同じで機能的障害の既往のない健常者を被験者とした。その理由は、口唇の疾患や障害によって口唇の解剖学的構造や機能が異なれば、得られる結果はプレートの形態と口輪筋活動との関係を直接に示すものではなく、被験者固有の条件が含まれて修飾されたものとなる可能

性が考えられたためである。

口唇閉鎖状態は、吸気により口唇粘膜を吸引することによっても保たれる可能性があるため、口輪筋活動が生じていなくても視覚的に閉鎖状態が保たれる場合が考えられた。そのため、口輪筋の等尺性運動時の活動状態を評価できる方法が必要であった。口輪筋の機能を評価する方法として、口唇力<sup>30)</sup>や口唇圧<sup>31)</sup>を計測する方法や口輪筋筋電図<sup>32-36)</sup>を採取する方法がある。口唇力については、Barlowら<sup>30)</sup>がカンチレバーの自由端を口唇で押し下げるのに必要な力を利用して計測する方法を報告している。しかしながら、この方法で計測できるのは上下口唇が接触していない状態に限られるため、本研究のように上下口唇が接触閉鎖している状態で口唇力を計測することは不可能である。Hintonら<sup>31)</sup>は、上下口唇が接触閉鎖している状態でも計測可能な指標として口唇圧（上下口唇の接触圧）を用いている。しかしながら、口唇圧は軟組

織である口唇の変形により値の変動が大きいこと<sup>31)</sup>や、本研究ではプレートの形態の変化に応じて口唇圧を高めなくても上下口唇の接触状態が保たれていれば被験活動は達成されることから、口唇閉鎖に要した口輪筋活動を反映するものではないと考えられた。筋電図は、ある器官の等張性運動だけでなく等尺性運動における標的筋の活動の変化も捉えることが可能であることから、視覚的に口唇運動が認められない閉鎖状態でも、口輪筋の活動の様相を捉えることが可能である。これらの理由から、本研究では口輪筋の活動状態の評価に筋電図を用いた。

口輪筋は、解剖学的には口裂周囲を輪状に取り巻く連続した筋肉とされる<sup>13,14,15)</sup>。しかしながら、Jacobs<sup>37)</sup>は神経学的、発生学的見地から上・下口輪筋は独立したものであることを報告している。機能面では、口唇突出、嚙下、構音などの運動時のタイミングや発揮される力は上口唇と下口唇で異なることが報

告されている<sup>32-35)</sup>。また、口唇閉鎖時、下口輪筋はオトガイ筋から口唇閉鎖の運動方向へ力の補助を受けるものの、上口輪筋ではオトガイ筋に相同する器官がないこと<sup>15,36)</sup>が知られている。これらのことから、運動面では上・下口輪筋は独立したものと捉え、本研究では上・下口唇それぞれの部位から口輪筋筋電図を採取した。

本研究では、口腔前庭に装着するプレートの形態の基本的な要素である高径、幅径、厚みを三次元方向に変化させた。これらの要素のうち、厚みについてはプレートの中央部を変化の基準とし、中央から辺縁にかけて薄くなるよう前方に凸型に設計した。口輪筋は口裂周囲を輪状に取り巻いており、そのうち歯槽隆起よりおこる筋束の収縮は口腔前庭を浅くする<sup>14)</sup>。そのため、プレートの辺縁の厚みを増加すると、口輪筋の収縮運動の障害となる可能性が考えられたため、厚みについては辺縁に向かって薄くなる形態とした。

本研究の実験Ⅰでは口唇閉鎖後にプレートを牽引したが、実験Ⅱでは口唇閉鎖後に牽引を行わなかった。このことは、牽引操作の介入の有無が結果に影響する可能性を伺わせる。しかしながら、実験Ⅰの予備実験において、プレートを口腔前庭に入れ牽引操作を行わない状態で口唇閉鎖させた時の口輪筋活動を計測した結果、いずれのプレートにおいても安静時筋活動と近似した筋活動しか認めなかつた。一方、牽引操作を負荷した結果、すべての被験者のプレートにおいて筋活動が認められた。これらのこととは、プレートの高径、幅径を変化させても、牽引操作を行わなければ安静時筋活動以上の口輪筋活動を惹起できないことを示している。他方、実験Ⅱにおいては、牽引操作を行うことなく口唇閉鎖するだけで厚みに応じた筋活動が認められた。本研究は口輪筋賦活のためのプレートの形状と訓練法への示唆を探ることが目的であることから、筋活動を認めるように実験Ⅰでは牽引

操作を負荷した。

実験Ⅰでは、被験作業として各プレートを1回だけ牽引した。その結果、高径、幅径と上・下口輪筋活動との相関性は被験者により様々であった。本研究の被験者はすべて口唇の調節機構に障害がなく感覚運動統合の様相が同じである健常者であったが、得られた結果は被験者によって様々であった。このことから、複数回試行した場合に、同一被験者であっても毎回異なる結果が得られるか、もしくは1回試行した結果と同様の結果が得られることが考えられる。すなわち、いずれの結果であったとしても、高径、幅径を変化させることによる口輪筋活動の賦活のためには、安定した訓練効果が得られないことが考えられる。臨床の現場では、異なる重症度を有する対象者に対して、機能評価の結果に基づいて定期的に繰り返して訓練は行われる。そのため、再現性のある効果が期待できる必要性があることから、1回の試行であっても共通

した傾向を示さないことは臨床応用できる可能性が低いことを示しており、本実験では複数回の試行を行わなかった。

実験Ⅰおよび実験Ⅱでは、あるプレートを用いた被験活動の終了後、連續して次のプレートを用いた被験活動を行うと、前の被験活動での口輪筋の疲労の影響により充分な筋力を発揮できない可能性が考えられた。

Kuorinka<sup>38)</sup>は、上肢の筋では周波数帯は5分で正常域に回復することを報告している。

Oberg<sup>24)</sup>は、僧帽筋では5分から10分間の休憩によりMPFが疲労前の値に回復することを報告している。口輪筋については、野村ら<sup>23)</sup>が一定の口唇圧を保つ持続的な口唇閉鎖運動を行わせた疲労実験で、10分間の休憩後には、運動単位の発火様式が実験開始前と同様の状態に回復したことを報告している。これらの報告を参考にして、本実験では前の被験活動の影響を受けないように、10分以上の安静状態による休憩をはさんでから次の被験

活動を行うようにした。

筋活動を持続すると筋は疲労し、運動の維持が不可能になる<sup>39)</sup>。口唇閉鎖状態は、口輪筋活動と関係なく吸気により口唇粘膜を吸引することによっても保たれる可能性があることから、口輪筋が疲労しても閉鎖状態が維持される可能性が考えられる。そのため、筋自体に疲労が生じたかを確認する方法が必要であった。筋疲労の指標として、筋電図信号の周波数解析により得られる Mean Power Frequency (MPF) の変化を調べる方法がある。MPF は、筋活動の結果として生じる局所の代謝物質の濃度に影響を受けることから、筋自体の疲労を反映すること<sup>24, 40)</sup>が知られている。そこで本研究では、口輪筋自体の疲労を MPF を用いて評価した。

MPF の低下を統計的に検討する方法として、被験活動直後と終了直前の MPF を比較する方法<sup>25)</sup>と被験活動の進行に対する MPF の低下の程度を回帰直線の傾きで表す方法<sup>26, 41)</sup>

が報告されている。しかしながら、これまで口輪筋の疲労を MPF により評価した報告はなく、経時的に MPF がどのように低下していくかは明らかではなかった。野原ら<sup>29)</sup>は、最強 blowing 時の口蓋帆拳筋の疲労を、時間経過に対する MPF の回帰直線を求め、その傾きを疲労しやすさの指標としている。そこで本研究では、最大厚みのプレート装着時の口輪筋の疲労を、時間経過に対する MPF の回帰直線の傾きを疲労の指標とした。

### 結果の考察

実験 I でプレートの高径、幅径の増加に応じて最大牽引力が増加したものの、上・下口輪筋活動の変化は一様ではなかった。プレートを牽引する水平方向と口唇閉鎖運動の上下方向の方向性が相違することから、プレートが上下または左右方向に大きくなれば、プレートと口唇粘膜が接触する面積は大きくなり、物理的にプレートが口裂を通過するのに抵抗

となる力は増加すると考えられる。このことから、プレートの幅径、高径の増加にともない口裂から脱落させるのに必要な牽引力は増加したのではないかと考えられた。一方、脱落に対する抵抗力が物理的に大きくなれば、プレートの幅径、高径の増加に応じて口輪筋活動を増加させる必要はないことから、高径、幅径の大きさと上・下口輪筋活動の関係は一様ではなかったのではないかと考えられた。

いわゆるボタン訓練について成書には「初めには大きなボタンを使い、その後徐々に小さくする」とされている<sup>42)</sup>。しかしながら、実験Ⅰの結果、プレートの高径および幅径の大きさと口輪筋活動の大きさの関係は一様ではなかったことから、プレートの高径、幅径を変化させても、口輪筋活動の大きさを調節できないことが示された。したがって、いわゆるボタン訓練で行われている方法では、ボタンの大きさにより口輪筋へ与える負荷量は調節できず、口輪筋の筋力増強を目的とする

訓練法としては予知性が低いと考えられた。

実験Ⅱで口腔前庭に装着するプレートの厚みを増加させて口唇閉鎖させた結果、厚みの増加に応じて上・下口輪筋活動は増加した。口唇閉鎖運動は前額面にはほぼ平行な面での閉鎖運動である。前方に凸型のプレートを口腔前庭に装着した状態での閉鎖運動では、口唇に前方への運動が付加される。すなわち、プレート装着時の口唇閉鎖運動は前方への突出運動に近似する運動となる。口唇の前方への突出運動により口輪筋活動は増加する<sup>43)</sup>ことから、厚みの増加に応じて前方への移動量が大きくなることによって筋活動が増加したと考えられる。

口唇粘膜には、圧覚、触覚、温覚、冷覚、痛覚の感覚受容器が存在しており<sup>44)</sup>、プレートの形態の感知に関わっていると考えられる。実験Ⅱから、厚みに応じて口輪筋活動が変化したことは、プレートの厚みの相違の情報が感覚受容器によって中枢に伝えられ、厚みに

応じて口唇閉鎖に必要な口輪筋活動が発揮されたことを示している。しかしながら、被験者#6の上・下口輪筋、被験者#8の下口輪筋、被験者#10の上・下口輪筋のように、厚みが薄いと口輪筋活動の増加の割合が小さい場合も認められた。このことは、感覚機能によるプレートの厚みの判別が困難であったことを示唆している。すなわち、厚みを一定の間隔で増加しても、厚みが薄ければ口輪筋活動は一定の割合で増加しない場合があることを示している。したがって、口輪筋活動をプレートの厚みにより調節する際には、等間隔に厚みを増加する場合でも、筋電図を用いて口輪筋活動を確認する必要があると考えられた。

口腔前庭に装着されたプレートは口唇粘膜に接触しており、口唇粘膜に機械的刺激を与えている。深町<sup>45)</sup>は、下唇粘膜に接触するラビアルパッド付きのフレンケル装置の装着によって反射的に下口輪筋活動が生じることを報告している。斎藤<sup>46)</sup>は、レジン製刺激子

(面積  $1\text{cm}^2$ ) を用いて、上顎側切歯相当部上唇粘膜および下顎側切歯相当部下唇粘膜に 2 秒間の圧刺激を加えることにより、反射的に口輪筋活動が出現したことから、口唇粘膜に接触する装置を装着することが口唇閉鎖機能の改善に有効である可能性を述べている。一方で、頬粘膜に機械的刺激を与えても口輪筋に興奮反射は起こりにくいことが報告されている<sup>46)</sup>。以上のことから、本研究で用いたように高径を上下顎中切歯の歯頸線の間の距離、幅径を上顎左右犬歯の遠心隣接面の間の距離に規定したプレートを口唇粘膜に接触するように口腔前庭に装着することは、機械的刺激の面から口輪筋の賦活に有效地に働いたのではないかと考えられる。

実験Ⅲの結果、最大の厚みのプレート装着時には上・下口輪筋は疲労した。野村<sup>23)</sup>は、針電極を用いた筋電図学的研究から、口輪筋の運動単位のほとんどが fast twitch type の筋に属することを示し、四肢の筋と比較して口

輪筋は疲労しやすいことを報告している。最大の厚みのプレートは各厚みのプレートの中でも最も高い筋活動を要する負荷となることからも、最大の厚みのプレートの使用により口輪筋の疲労が生じたものと考えられた。

運動機能の賦活のための訓練では、訓練の対象となる筋に対して負荷を与える必要がある<sup>16,17)</sup>。Muller<sup>17)</sup>は、四肢の筋では、最大筋力の35%以上の負荷により筋力が増強することを報告している。一方、Arendt-Nielsenら<sup>47)</sup>は、最大筋力の30%以上の負荷により、筋線維の伝導速度は低下し筋疲労が生じることを報告している。これらの報告は、筋力強化訓練では筋疲労を生じることを示しており、疲労を生じない程度の負荷では筋力の増強は望めないことを示している。実験Ⅲの結果、最大の厚みのプレート装着時には上・下口輪筋は疲労することが示された。このことは、最大の厚みのプレートを用いることにより、上下口輪筋の筋力強化訓練に必要な負荷を与

えられる可能性を示している。

最大の厚みのプレート装着時の口輪筋の疲労しやすさは、上下の口輪筋で有意な差を示さなかった。このことから、最大の厚みのプレートを用いたときには、上下口輪筋に対して同程度の負荷を与えることができると考えられた。

### 結論

口唇機能を賦活する訓練用プレート作製のための形態上の要素を、口輪筋筋電図により検討し、その結果明らかとなつた形態を有するプレートを用いた模擬訓練によって、口輪筋の疲労が生じるかについて MPP を指標として調べた。その結果、以下のことが得られた。

1. プレートの高径または幅径を増加させて、口腔外から牽引すると、口腔外へ脱落する直前の最大牽引力は増加した。
2. 牽引時の高径、幅径の変化に対する上・下

口輪筋活動の変化は、被験者内および被験者間ともに様々であった。

3. プレートの厚みを増加させて、口腔前庭に挿入し、上下口唇を閉鎖させると、厚みの増加とともに上・下口輪筋活動は大きくなつた。

4. 口唇閉鎖可能な最大厚みのプレートを口腔前庭に装着した状態で、持続的に口唇閉鎖させると、閉鎖時間の経過にともない上・下口輪筋活動でのMPFは低下した。

以上より、口唇の運動機能の賦活に効果的な訓練具を作製する上で、プレートの厚みが重要な要素の1つとなることが示された。

#### 謝　　辞

稿を終えるにあたり、本研究を命ぜられ、御指導を賜わりました大阪大学大学院歯学研究科和田健教授に深甚なる謝意を表します。本研究につき、直接御指導と御鞭撻を賜わりました館村卓助教授に衷心より感謝申し上げ

ます。

本研究を進めるにあたり、御懇篤なる御助言を頂きました野原幹司博士、ならびに教室員各位に深く御礼を申し上げます。

### 文 献

- 1) 野原幹司, 館村 卓, 和田 健 (2001) : 下顎歯肉癌術後に嚥下障害を呈した症例に対する嚥下補助装置と間欠的経口食道経管栄養法, 日摂食・嚥下リハ会誌, 5, 42-47.
- 2) 本多知行 (1998) : 口腔器官の運動性改善, 日本嚥下障害臨床研究会, 嚥下障害の臨床, 医歯薬出版, 東京, 213-217.
- 3) Chigira, A., Omoto, K., Mukai, Y. and Kaneko, Y. (1994) : Lip closing pressure in disabled children: a comparison with normal children, *Dysphagia*, 9, 193-198.
- 4) Reddy, N. P., Costarella, B. R., Grotz, R.C. and Canilang, E. P. (1990) : Biomechanical measurements to characterize the oral

phase of dysphagia, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 37(4), 392-396.

- 5) Schieppati, M., Di Francesco, G. and Nardone, A. (1989) : Patterns of activity of perioral facial muscles during mastication in man, *Exp. Brain. Res.*, 77, 103-112.
- 6) Folkis, J. W., Linville, R. N., Garrett, J. D. and Brown, C. K. (1988) : Interactions in the labial musculature during speech, *Journal of Speech Hearing Research*, 31, 253-264.
- 7) Nicolau, P. J. (1983) : The orbicularis oris muscle : a functional approach to its repair in the cleft lip, *British Journal of Plastic Surgery*, 36, 141-153.
- 8) 藤島一郎 (2002) : 脳卒中の摂食・嚥下障害とリハビリテーション；脳卒中の摂食・嚥下障害，第2版，医歯薬出版，東京，1-18，平成14.
- 9) 廣瀬 肇，柴田貞雄，白坂康俊 (2001) :

運動障害性構音障害臨床の枠組み；言語  
聽覚士のための運動障害性構音障害学.  
第1版，2-15，平成13.

- 10) 才藤栄一 (2001) : リハビリテーション  
医学・医療総論，日摂食嚥下リハ会誌5,  
3-10, 平成13.
- 11) 湯浅影元 (2000) : 筋肉トレーニングの基  
礎；筋肉. 山海堂，東京，151-184, 平成  
12.
- 12) 竹内孝仁 (2003) : パワーリハビリテーシ  
ョンの考え方, PTジャーナル37(2),  
148-155, 平成15.
- 13) Zemlin, W. R. (1998) : Articulation ;  
Speech and hearing science. (Dragin S. D.,  
editor). ed. 4, A Viacom co., Needham  
Heights, 233-235.
- 14) 上條雍彦 (1998) : 頭頸部の筋肉；図説口  
腔解剖学2筋学（上條雍彦編）. 3版，ア  
ナトーム社，東京，219-250, 平成10.
- 15) Narin, R. I. (1975) : The circumoral

musculature structure and function. *Brit. Dent. J.*, 138, 49-56.

- 16) 里宇明元 (1991) : 持久力運動, 総合リハ, 19, 523-530, 平成 12.
- 17) Muller, E. A., (1959) : Training muscle strength. *Ergonomics*, 2, 216-222.
- 18) Arendt-Nielsen, L., Mills, K. R. and Forster, A. (1989) : Changes in muscle fiber conduction velocity, mean power frequency, and mean EMG voltage during prolonged submaximal contractions. *Muscle Nerve*, 12, 493-497.
- 19) Tachimura, T., Nohara, K., Hara, H. and Wada, T. (1999) : Effect of placement of a speech appliance on levator veli palatini muscle activity during blowing. *Cleft Palate-Craniofac J.*, 36, 224-232.
- 20) Tachimura, T., Nohara, K. and Wada, T. (2000) : Effect of placement of a speech appliance on levator veli palatini muscle

activity during speech. *Cleft*

*Palate-Craniofac J.*, 37, 478-482.

- 21) Tachimura, T., Nohara, K., Fujita, Y., Hara, H. and Wada, T. (2001) : Change in elevator veli palatini muscle activity of normal speakers in association with elevation of the velum using an experimental palatal lift prosthesis. *Cleft Palate-Craniofac J.*, 38, 449-454.
- 22) 館村 卓, 江口ゆかり, 野原幹司, 尾島 麻希, 和田 健 (2001) : 水嚥下量と口蓋帆挙筋活動の関係－最大努力でのblowing時の筋活動を基準にして－. 日摂食・嚥下リハ会誌, 5, 19-25, 平成 13.
- 23) 野村泰世 (1986) : 口輪筋運動単位の生理学的特性. 口病誌, 53, 136-156, 昭和 61.
- 24) Oberg, T. (1995) : Muscle fatigue and calibration of EMG measurements. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 5, 239-243.
- 25) Gardle, B. and Elert, J. (1994) : The

temporal Occurrence of the mean power frequency shift of the electromyogram during maximum prolonged dynamic and static working cycles. *Int. J. Sports Med.*, 15, S32-S37.

- 26) Shi, C. S., Ouyang, G. and Guo, T. W. (1992) : Frequency analysis of electromyographic signals in mandibular elevators at maximum clench level. *J. Oral Rehabil.*, 19, 427-433.
- 27) Moritani, T., Muro, M. and Nagata, A. (1986) : Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. *J. Appl. Physiol.*, 60, 1179-1185.
- 28) 野原幹司, 館村 卓, 藤田義典, 尾島麻希, 小谷泰子, 佐々生康宏, 和田 健 (2002) : 嘸下時, 発音時, blowing 時における口蓋帆挙筋活動の相違 - 筋電図信号の周波数解析を用いた検討 - . 日摂食・嚥下リハ会誌, 6, 37-43, 平成 15.

- 29) 野原幹司, 館村 卓, 和田 健 (2002) :  
健常者における最強 blowing 時の口蓋帆  
挙筋の疲労 - 口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不  
全症例との相違 - . 音声言語医学, 43,  
302-307, 平成 15.
- 30) Barlow S. M., Netsell R. (1986) :  
Differential fine force control of the  
upper and lower lips, *Journal of Speech  
Hearing Research.*, 29:163-169
- 31) Hinton A., Arokiasamy W. M. C (1997) :  
Maximum interlabial pressures in normal  
speakers, *Journal of Speech, Language,  
and Hearing Research.*, 40:400-404
- 32) Murrey, K. A., Larson, C. R. and  
Logemann, J. A. (1998) :  
Electromyographic response of the labial  
muscle during normal liquid swallows  
using a spoon, a straw, and a cup.  
*Dysphagia*, 13, 160-166,
- 33) Tosello, D. O., Vitti, M. and Berzin, F.

(1998) : EMG activity of the orbicularis oris and mentalis muscles in children with malocclusion, incompetent lips and atypical swallowing-part I , *J. Oral Rehabil.*, 25, 838-846.

- 34) Wohlert, A. B. and Goffman, L. (1994) : Human perioral muscle activation patterns. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 1032-1040.

- 35) Abbs, J. H. and Gracco, V. L. (1984) : Control of Complex motor gestures: orofacial muscle responses to load perturbations of lip during speech. *Journal of Neurophysiology*, 51, 705-723.

- 36) Sussman, H. M., MacNeilage, P. F. and Hanson, R. J. (1973) : Labial and mandibular dynamics during the production of bilabial consonants: preliminary observations. *Journal of Speech and Hearing Research*, 16, 397-420.

- 37) Jacobs, M. (1970) : The development of the human motor trigeminal complex and accessory facial nucleus and their topographic relations with the facial and abducens nuclei, *J. Comp. Neurrol.*, 138, 161-191
- 38) Kuorinka, I. (1988) : Restitution of EMG spectrum after muscular fatigue. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 57, 311-315
- 39) 室 増男 (1994) : 筋疲労・筋痛のスポーツ生生理学；スポーツ生生理学. 朝倉書店，東京，86-100, 平成 6.
- 40) Moritani, T., Takaishi, T. and Matsumoto, T. (1993) : Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. *J. Appl. Physiol.*, 74, 1729-1734.
- 41) Umezawa, Y., Kawazu, T., Tajima, F. and Ogata, H. (1998) : Spectral electromyographic fatigue analysis of back

muscles in healthy adult women compared with men. *Arch Phys Med Rehabil.*, 79, 536-538.

- 42) 尾本和彦 (1987) : 摂食機能訓練, 食べる機能の障害 - その考え方とリハビリテーション - (金子芳洋編), 医歯薬出版, 東京, 87-133, 昭和 62.
- 43) Isley, C. L. and Basmajian, J. V., (1973) : Electromyography of the human cheeks and lips. *Anatomical Record*, 176, 143-148.
- 44) 鈴木隆 (1998) : 頸・口腔・顔面の体性感覚, 基礎歯科生理学第3版 (中村嘉男, 森本俊文編), 医歯薬出版, 東京, 255-277, 平成 10.
- 45) 深町博臣 (1988) : フレンケル装置 type II がヒトの顎顔面筋に与える影響について, 日矯歯誌 47, 161-174, 昭和 63.
- 46) 斎藤卓麻 (1990) : ヒト口腔前庭粘膜の機械的刺激による口腔周囲筋の反射性筋活動について, 日矯歯誌 49: 87-99, 平成 2.

47) Arendt-Nielsen, L., Mills, K. R. and  
Forster, A. (1989) : Changes in muscle  
fiber conduction velocity, mean power  
frequency, and mean EMG voltage during  
prolonged submaximal contractions. *Muscle*  
*Nerve*, 12, 493-497.

表1 高径TCのプレートの幅径と上・下口輪筋活動値の順位相関係数

被験者	上口輪筋	下口輪筋
#1	-0.45 **	-0.12
#2	0.64 **	0.50 **
#3	0.06	0.54 **
#4	0.34 *	-0.06
#5	0.28	0.59 **

\* : p < 0.05    \*\* : p < 0.01

表2 高径MLのプレートの幅径と上・下口輪筋活動値の順位相関係数

被験者	上口輪筋	下口輪筋
#1	-0.36 **	-0.45 **
#2	0.64 **	0.79 **
#3	-0.02	-0.06
#4	-0.70 **	0.03
#5	-0.44 **	0.21

\*\* : p<0.01

表3 高径TC, MLのプレートにおける全被験者の平均筋活動値の幅径間によるone-way ANOVAの結果

TC : tooth cervical length  
ML : mucolabial length

高径	上口輪筋		下口輪筋	
	F値	p値	F値	p値
TC	0.45	0.72	0.84	0.49
ML	0.40	0.76	0.44	0.73

表4 同一幅径での高径TCとMLのプレートの  
上・下口輪筋活動値のt検定の結果

TC : tooth cervical length

ML : mucolabial length

$W_{-1}$  : width,-1cm,  $W_0$  : width, $\pm 0$ cm

$W_{+1}$  : width,+1cm,  $W_{+2}$  : width,+2cm

被験者	被験筋	TC・ $W_{-1}$	TC・ $W_0$	TC・ $W_{+1}$	TC・ $W_{+2}$
		vs	vs	vs	vs
		ML・ $W_{-1}$	ML・ $W_0$	ML・ $W_{+1}$	ML・ $W_{+2}$
#1	上口輪筋	7.97 **	4.25 **	0.87	7.62 **
	下口輪筋	4.02 **	2.72 **	2.95 **	7.16 **
#2	上口輪筋	-0.92	-1.52	-3.46 **	-1.36
	下口輪筋	4.63 **	-6.50 **	-18.85 **	-2.15 *
#3	上口輪筋	-1.03	-1.44	3.26 **	-1.30
	下口輪筋	0.03	-2.99 **	6.85 **	2.55 *
#4	上口輪筋	-9.06 **	1.52	2.09 *	5.92 **
	下口輪筋	-2.53 *	-1.67	3.97 **	-4.61 **
#5	上口輪筋	-6.91 **	-2.01	-5.05 **	1.14
	下口輪筋	0.00	-7.78 **	-1.10	6.66 **

\*:p<0.05    \*\*:p<0.01

表5 同一幅径における全被験者の平均筋活動値の高径MLとTCの間でのt検定の結果

TC : tooth cervical length

ML : mucolabial length

$W_{-1}$  : width,-1cm,  $W_0$  : width, $\pm 0$ cm

$W_{+1}$  : width,+1cm,  $W_{+2}$  : width,+2cm

	上口輪筋		下口輪筋	
	t値	p値	t値	p値
TC・ $W_{-1}$ vs ML・ $W_{-1}$	-1.05	0.33	0.25	0.81
TC・ $W_0$ vs ML・ $W_0$	0.15	0.88	-0.90	0.40
TC・ $W_{+1}$ vs ML・ $W_{+1}$	-0.22	0.83	-0.29	0.78
TC・ $W_{+2}$ vs ML・ $W_{+2}$	0.99	0.38	0.97	0.36

表6 プレートの厚みと上・下口輪筋活動値  
の順位相関係数

被験者	上口輪筋	下口輪筋
#6	0.93 **	0.98 **
#7	0.92 **	0.90 **
#8	0.92 **	0.92 **
#9	0.92 **	0.94 **
#10	0.95 **	0.93 **
	0.93±0.01	0.93±0.03

\*\* : p<0.01

表7 全被験者の平均筋活動値を厚み  
により分類したときのone-way  
ANOVAの結果

被験筋	F値	p値
上口輪筋	6.51	0.0011
下口輪筋	7.32	0.0006

表8 2次回帰曲線

被験者	被験筋	回帰曲線	決定係数 (R <sup>2</sup> )	頂点のx値
#6	上口輪筋	$y=0.98x^2-11.80x+39.78$	0.96	6.02
	下口輪筋	$y=0.88x^2-10.46x+33.88$	0.93	5.94
#7	上口輪筋	$y=0.09x^2+4.25x-7.42$	0.82	-23.61
	下口輪筋	$y=0.36x^2-0.71x-4.04$	0.81	0.99
#8	上口輪筋	$y=-0.06x^2+7.94x-29.19$	0.85	66.17
	下口輪筋	$y=0.80x^2-9.04x+33.82$	0.90	5.65
#9	上口輪筋	$y=-0.32x^2+11.85x-20.52$	0.83	18.52
	下口輪筋	$y=0.53x^2-1.14x+14.04$	0.89	1.08
#10	上口輪筋	$y=0.80x^2-11.50x+40.51$	0.96	7.19
	下口輪筋	$y=0.78x^2-12.12x+46.58$	0.92	7.77

表9 上・下口輪筋における回帰直線の傾きの  
検定結果

被験者	被験筋	傾き	自由度	t値
#11	上口輪筋	-0.82	118	-7.01 **
	下口輪筋	-0.94	118	-7.21 **
#12	上口輪筋	-0.77	118	-6.64 **
	下口輪筋	-0.62	118	-6.36 **
#13	上口輪筋	-0.56	88	-4.90 **
	下口輪筋	-0.48	88	-4.46 **
#14	上口輪筋	-1.00	118	-7.28 **
	下口輪筋	-0.81	118	-6.74 **
#15	上口輪筋	-1.02	118	-7.38 **
	下口輪筋	-0.92	118	-7.07 **

\*\* : p<0.01

表10 上口輪筋と下口輪筋の回帰直線の傾きの差の  
検定結果

被験者	傾き		自由度	t値
	上口輪筋	下口輪筋		
#11	-0.82	-0.94	236	0.69
#12	-0.77	-0.62	236	1.03
#13	-0.56	-0.48	176	0.52
#14	-1.00	-0.81	236	1.06
#15	-1.02	-0.92	236	0.53

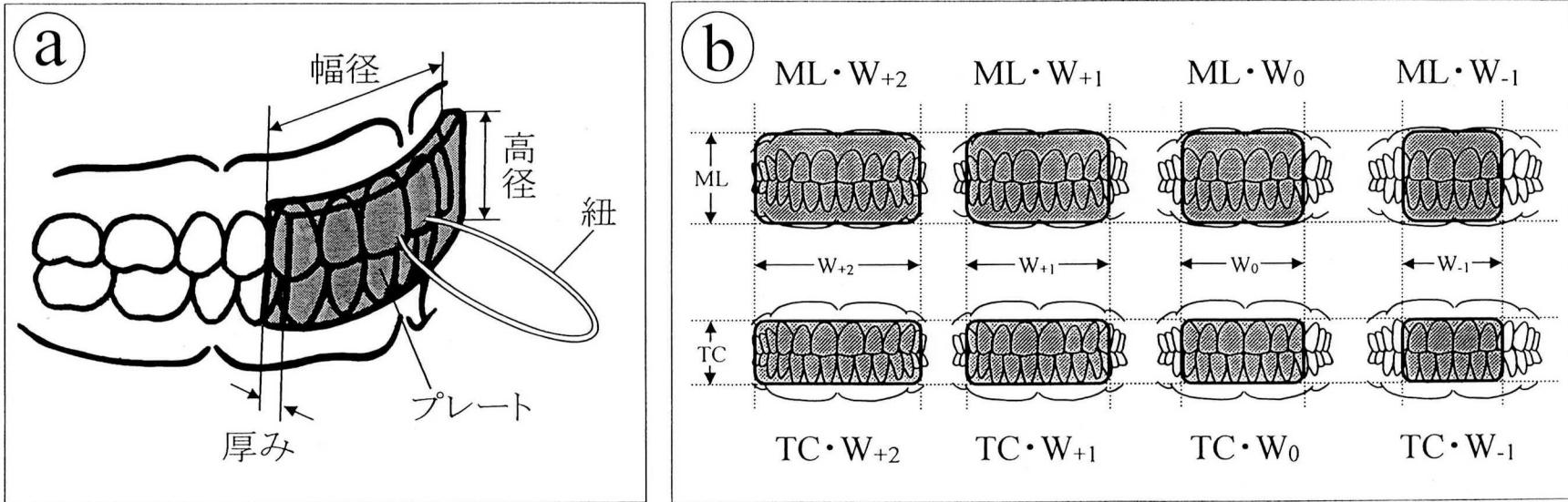


図 1 実験 I で用いた実験用プレート

- a 上下径を高径、左右径を幅径、前後径を厚みとした。中央部には牽引用の紐が固定されている。
- b 高径は、上下顎前歯部での齦頬移行部の間の距離(ML : mucolabial length)および上下顎中切歯の歯頸線間の距離(TC : tooth cervical length)に等しい 2 種類とした。幅径は、上顎左右犬歯の遠心隣接面間の距離( $W_0$  : width,  $\pm 0\text{cm}$ )、 $W_0$ より 1cm 短い距離( $W_{-1}$ )、1cm 長い距離( $W_{+1}$ )、2cm 長い距離( $W_{+2}$ )の 4 種類とした。各プレートの名称を「高径・幅径」で表示した。

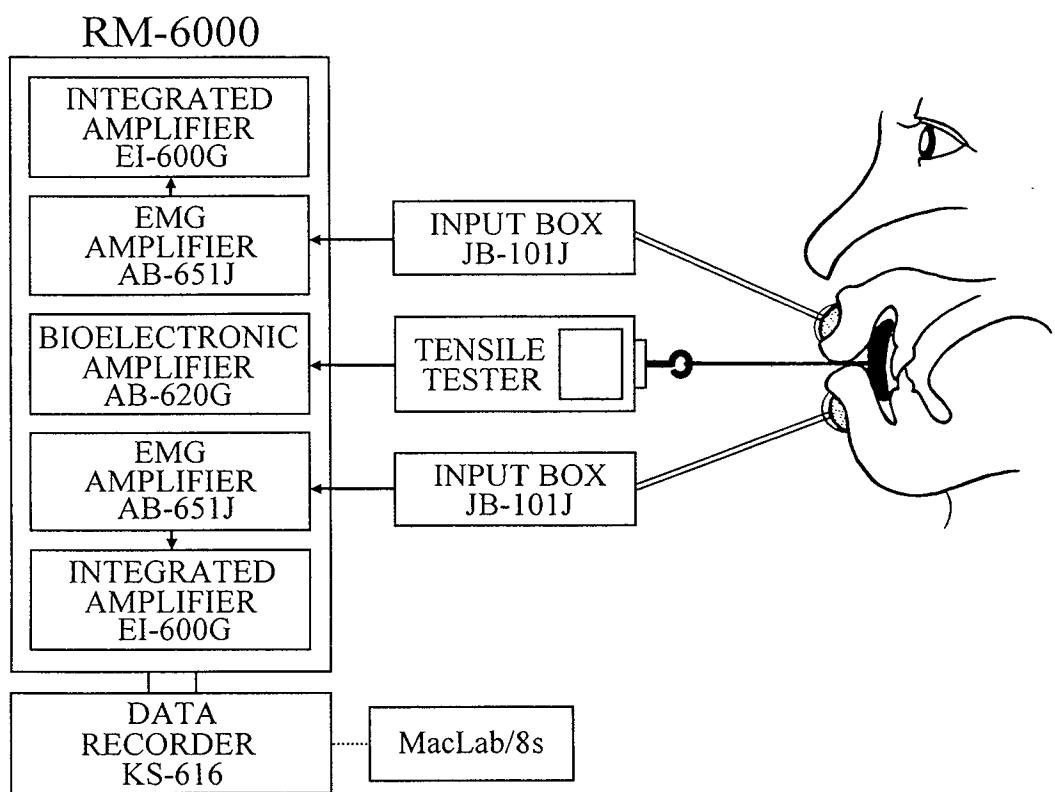


図 2 実験 I の Block diagram

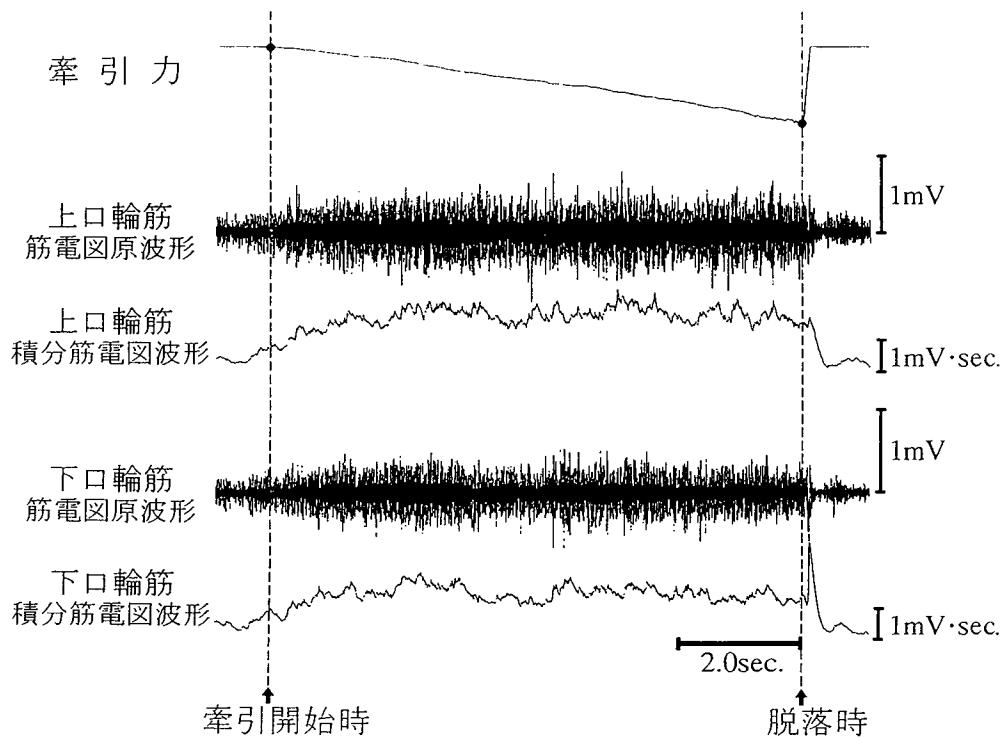


図 3 口輪筋活動値の測定対象

上より牽引力曲線、上口輪筋筋電図原波形、同積分筋電図波形、下口輪筋筋電図原波形、同積分筋電図波形を示す。プレートが脱落した時点から牽引を開始した時点側に遡った 2 秒間の上・下口輪筋の筋電図積分波形を 0.1 秒おきに測定した。

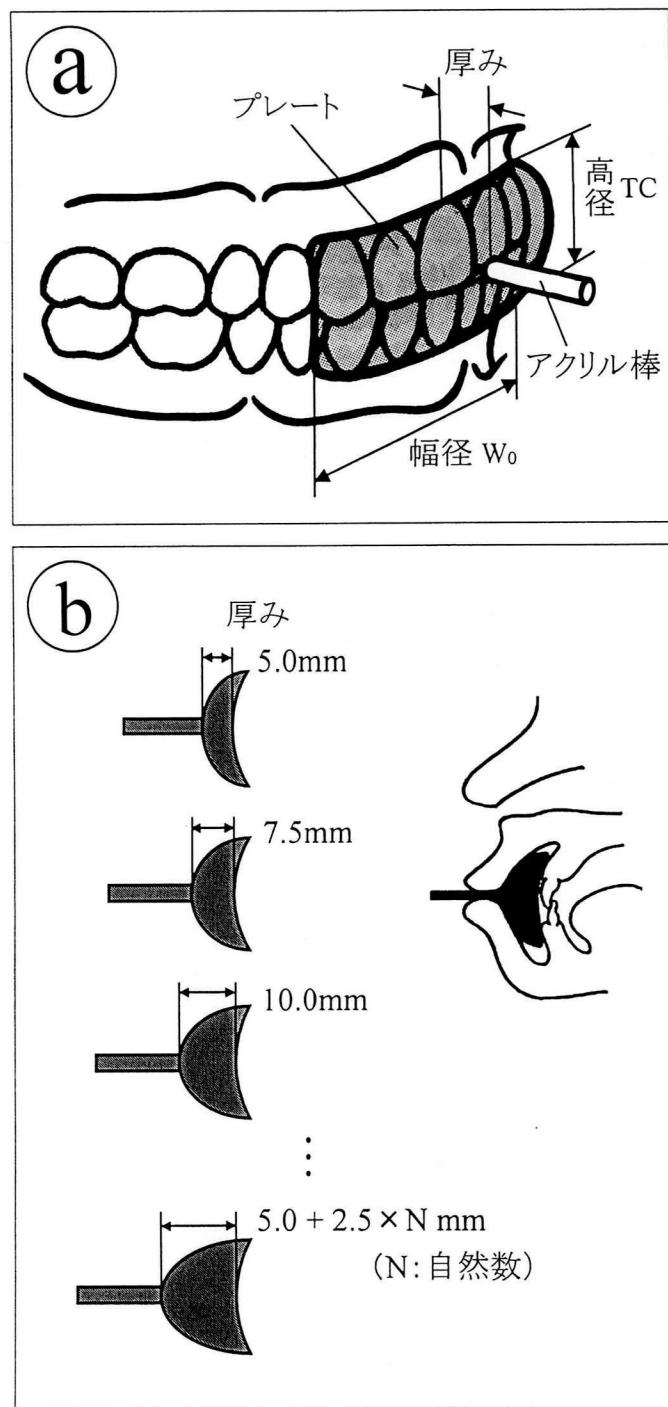


図4 実験IIで用いた実験用プレート

- a 高径は TC, 幅径は  $W_0$ とした。プレートの中央部には保持用のアクリル棒が接着されている。
- b 厚みを 5mm から 2.5mm ずつ増加させ、各被験者での口唇閉鎖が可能な最大の厚みまでのプレートを作製した。

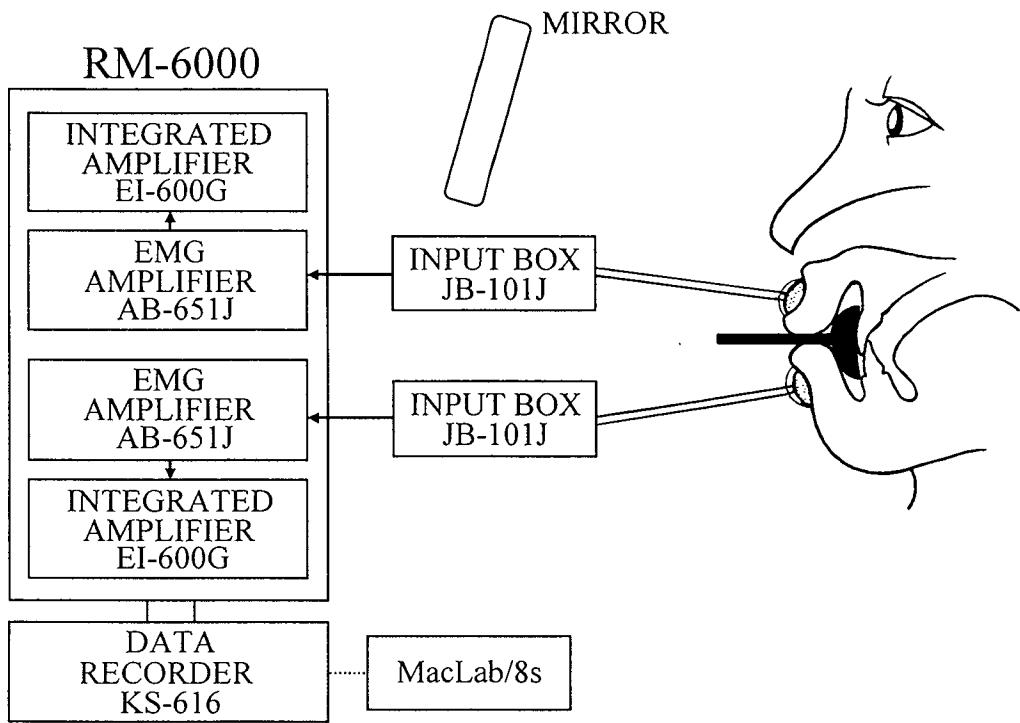


図 5 実験 II の Block diagram

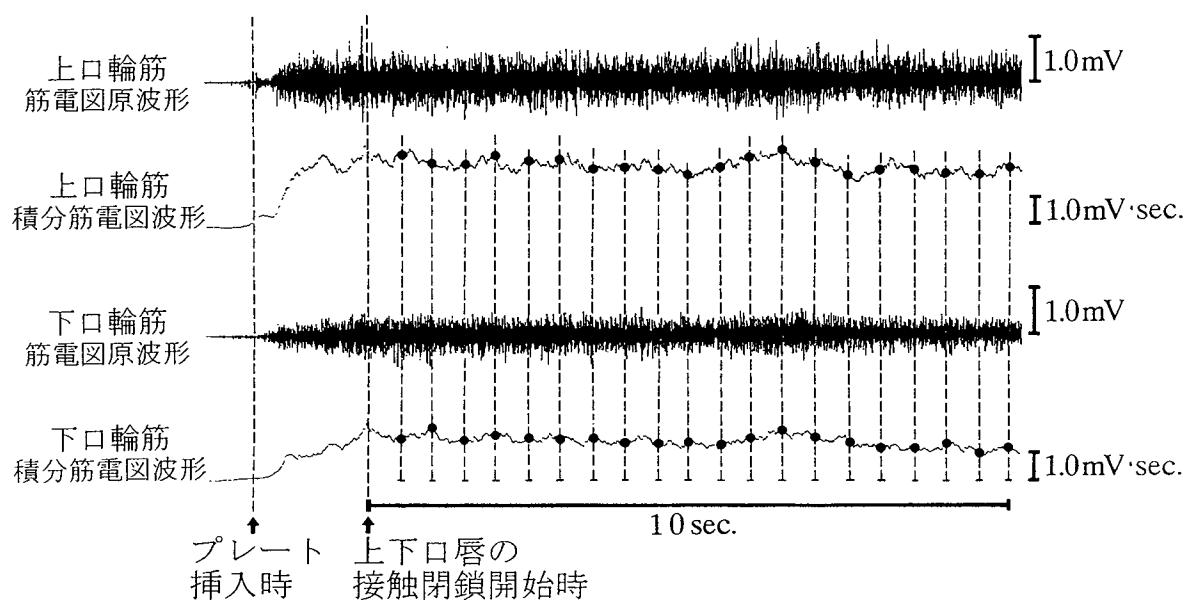


図 6 口輪筋活動値の測定対象

上より上口輪筋筋電図原波形、同積分筋電図波形、下口輪筋筋電図原波形、同積分筋電図波形を示す。上下口唇が接触閉鎖した時点から 0.5 秒おきに 10 秒間の上・下口輪筋の積分筋活動値を測定した。

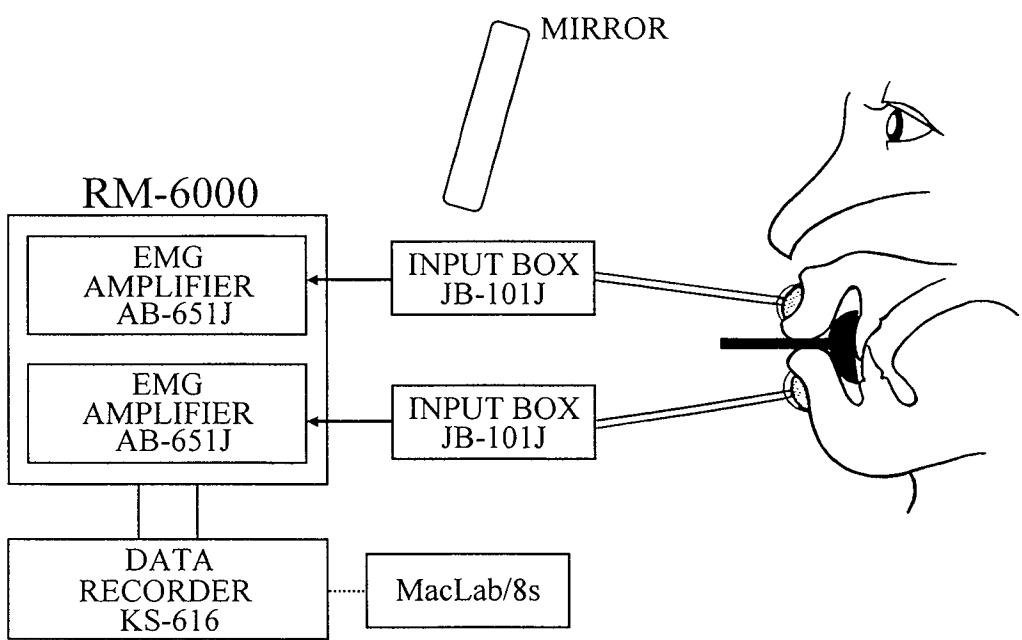


図 7 実験IIIの Block diagram

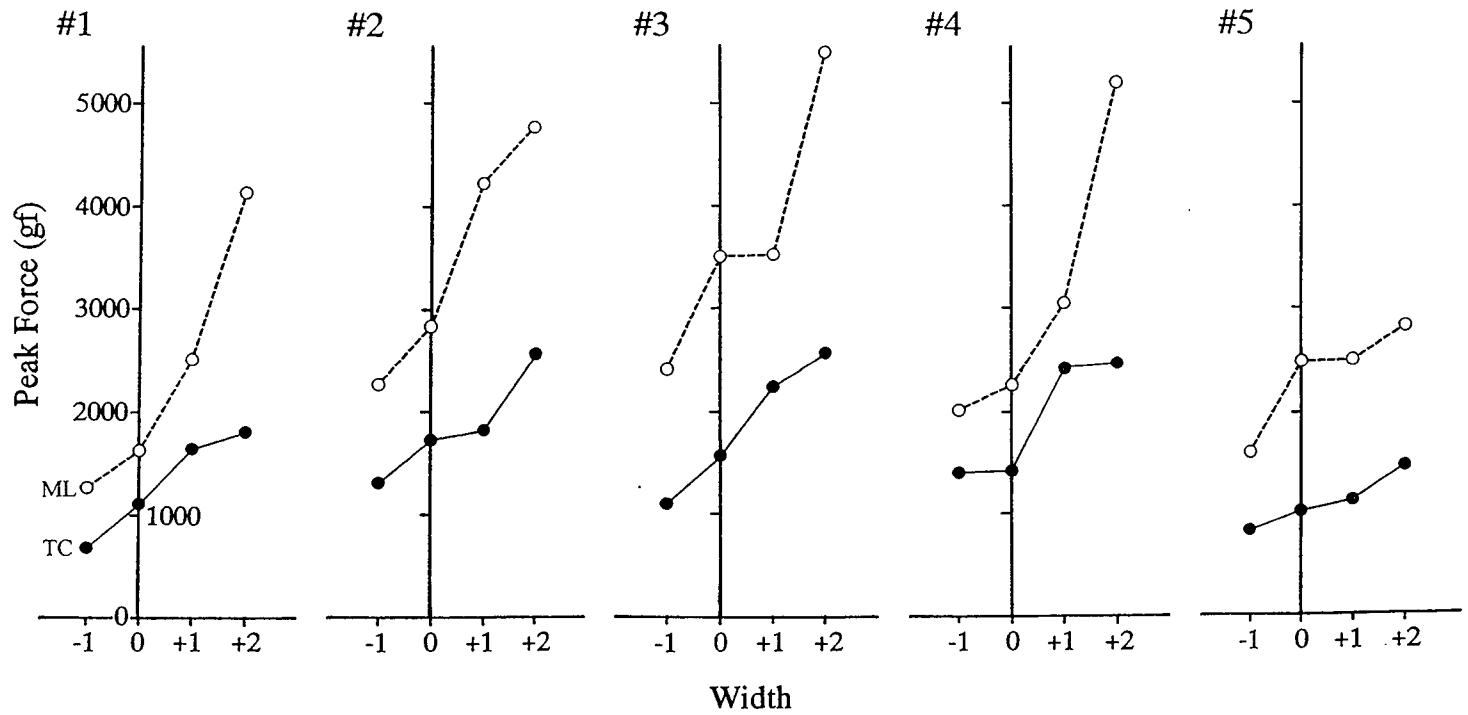


図 8 プレートの高径、幅径と最大牽引力の関係

白線および点線は高径が ML、黒丸および実線は高径が TC のプレートでの最大牽引力を示す。

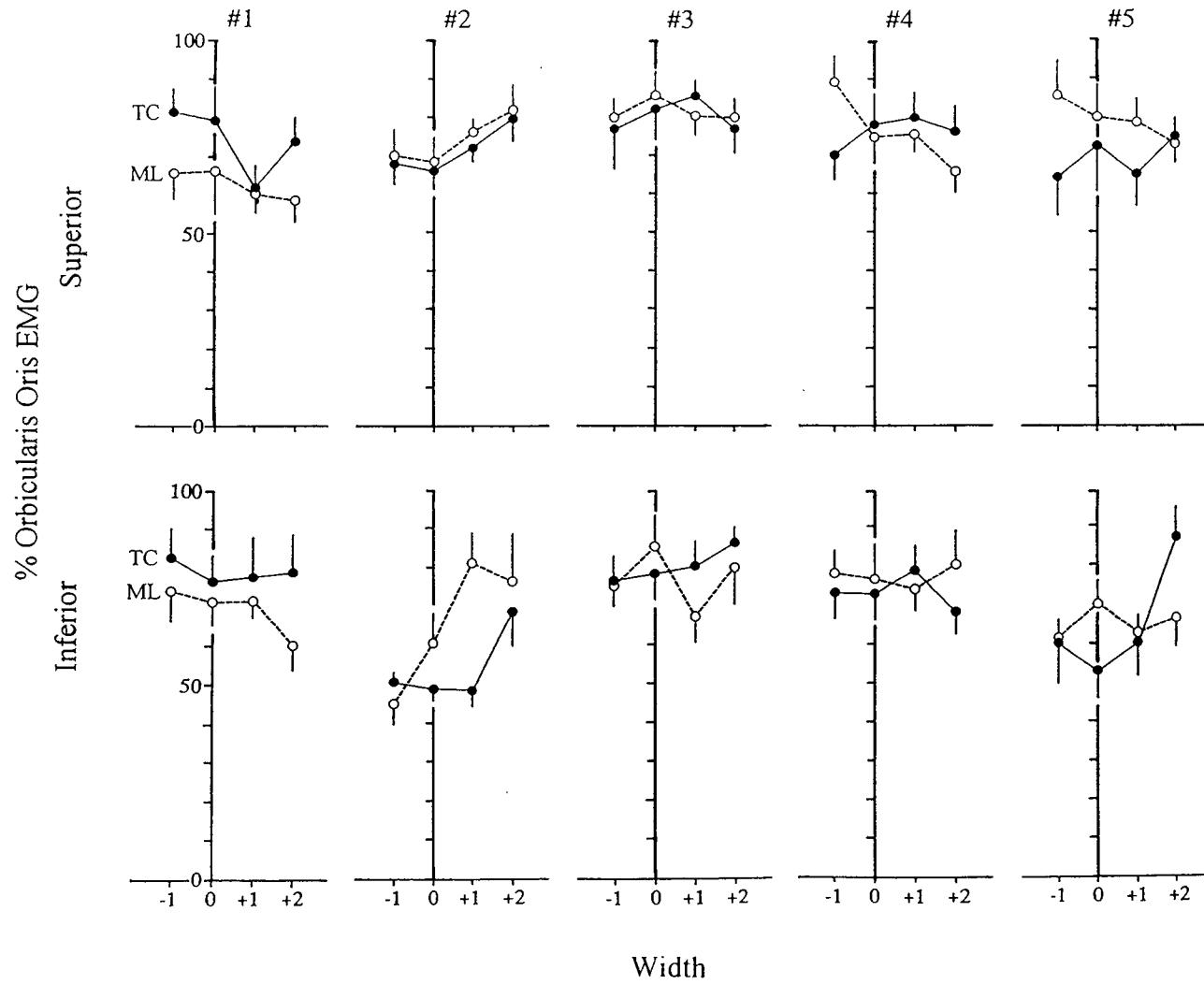


図9 プレートの高径、幅径と上・下口輪筋活動の関係

上段が上口輪筋活動、下段が下口輪筋活動を示す。口輪筋活動値は、上下口唇それぞれの部位で測定された筋活動値のうちの最大値を 100% として換算した%EMG で表した。白線および点線は高径が ML、黒丸および実線は高径が TC のプレートでの筋活動を示す。

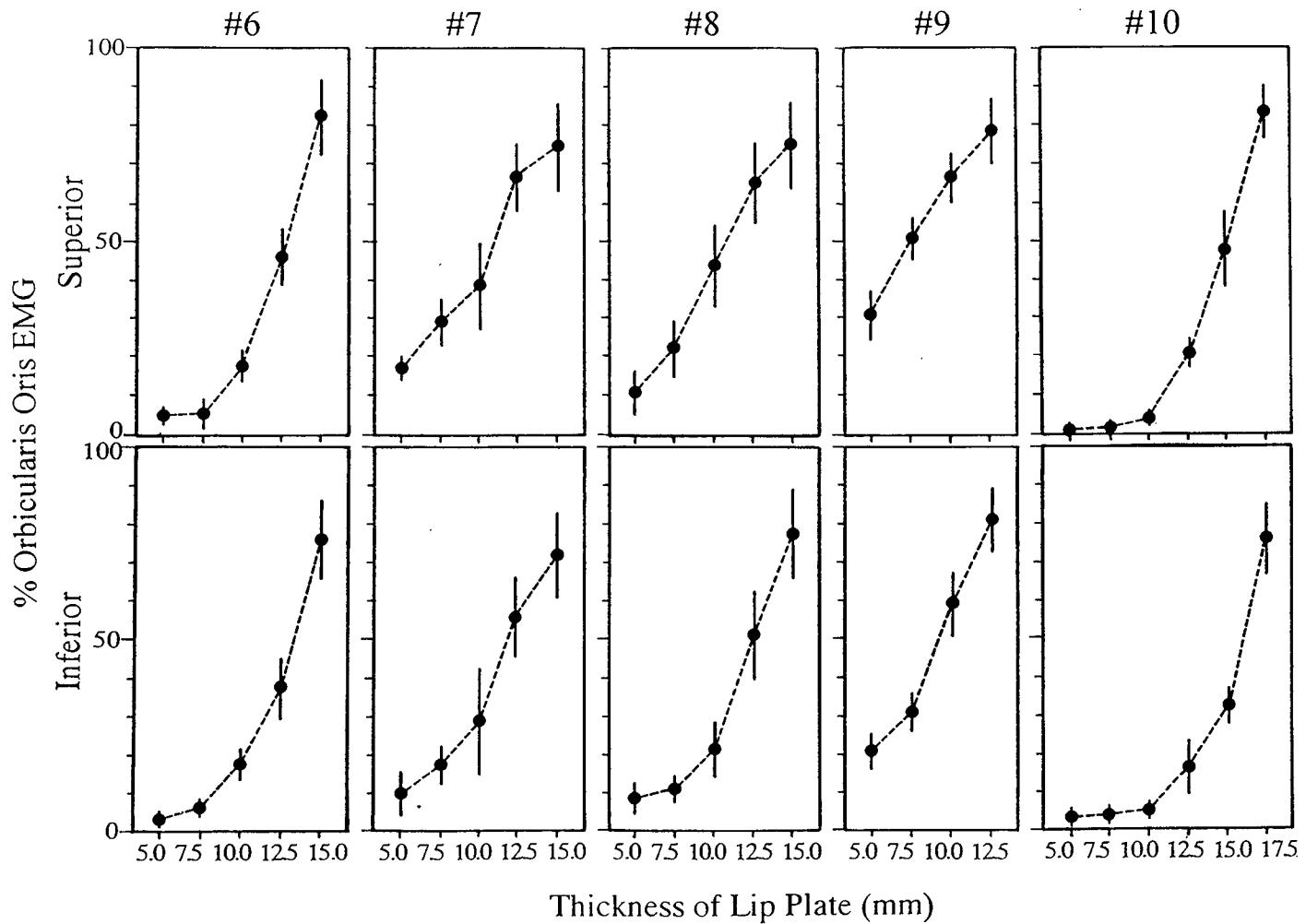


図 10 プレートの厚みと上・下口輪筋活動の関係  
上段が上口輪筋活動、下段が下口輪筋活動を示す。

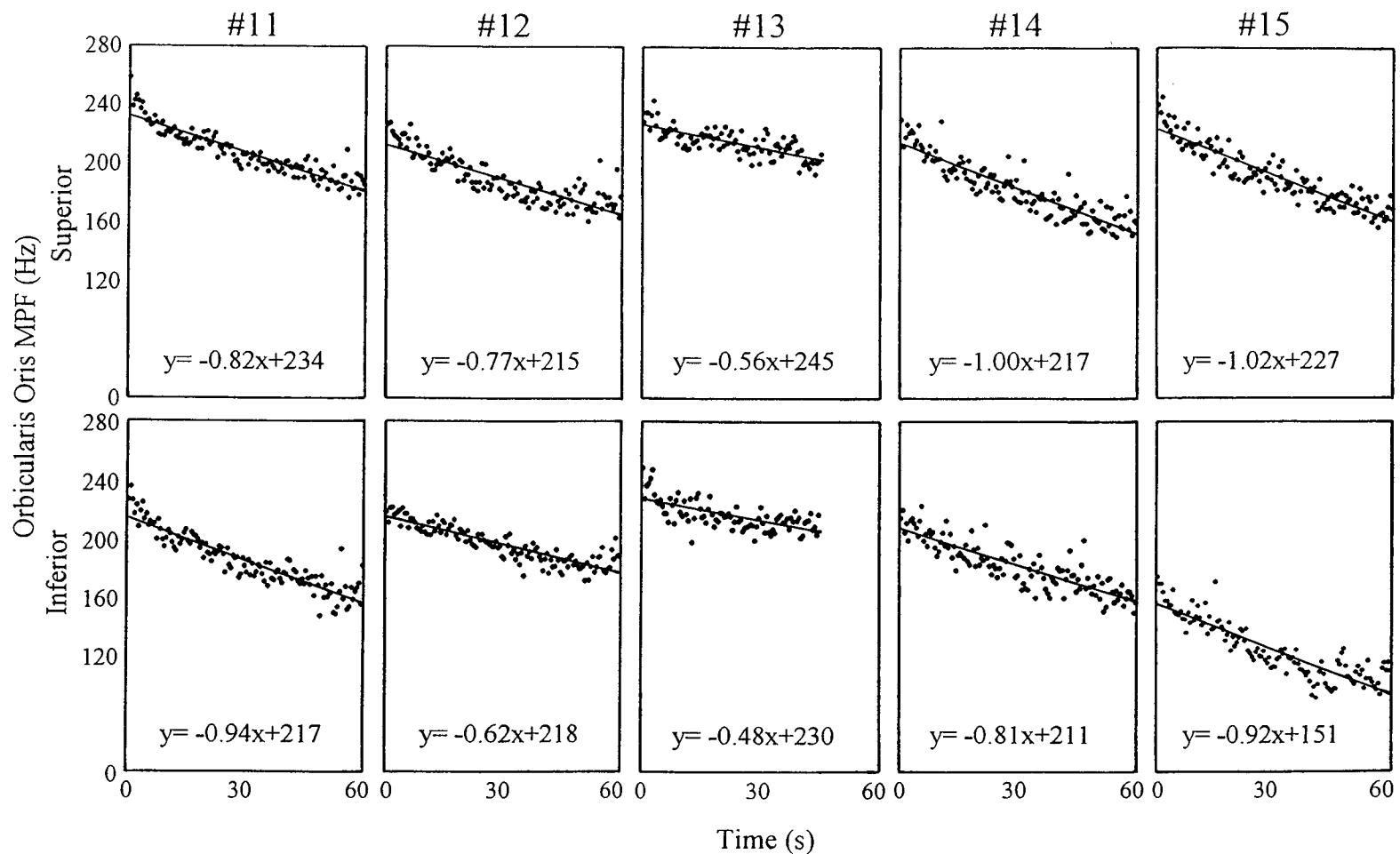


図 11 最大の厚みのプレートを装着し口唇閉鎖したときの上・下口輪筋の MPF の経時変化  
上段が上口輪筋、下段が下口輪筋の MPF を示す。