



Title	口蓋裂術後鼻咽腔閉鎖不全症例におけるスピーチエイドの効果に関する臨床生理学的研究
Author(s)	野原, 幹司
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3184232">https://doi.org/10.11501/3184232</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

口蓋裂術後鼻咽腔閉鎖不全症例における  
スピーチエイドの効果に関する臨床生理学的研究

大阪大学大学院 歯学研究科 歯学臨床系  
顎口腔機能治療学（指導教官：和田 健 教授）

野原 幹司

2001年

## 緒 言

口蓋裂は鼻咽腔閉鎖機能の先天的障害であり、その治療には口蓋裂手術が先ず選択される。手術の結果、約75%以上の症例で、発音活動にとって良好な鼻咽腔閉鎖が賦与されるものの、残る症例においては種々の程度の鼻咽腔閉鎖不全症を呈することが知られている<sup>1)</sup>。これらの症例は、鼻咽腔閉鎖不全症に起因する開鼻声および代償構音のために、著しい社会的不利益を被っている。

スピーチエイドは、鼻咽腔閉鎖不全症にともなう開鼻声ならびに代償構音の治療法の一つとして用いられている。従来、その効果は、鼻咽腔を物理的に狭小化することによって、発音時の呼気の鼻腔への流入を防止することにあると考えられてきた。しかしながら、良好に適合したスピーチエイドを装着することにより、健常者と同様に、語環境の変化や種々の強さの blowing 活動でも良好な鼻咽腔閉鎖を維持することが可能になること<sup>2,3)</sup>や、長

期に装着した症例の中には、スピーチエイドを撤去できるまで鼻咽腔閉鎖機能が賦活される症例があること<sup>2-5)</sup>が報告されている。これらのこととは、スピーチエイドが器質的・機能的構音障害の両方の特徴を有する口蓋裂術後鼻咽腔閉鎖不全症例での鼻咽腔閉鎖機能の調節機構を正常化する機能を有していることを伺わせる。しかしながら、これまでのスピーチエイドによる鼻咽腔閉鎖機能の正常化効果に関する報告は、主観的な聽覚所見の変化にもとづくものが多く<sup>2-5)</sup>、装置着脱とともにう生理学的な鼻咽腔閉鎖機能の変化を検討したものは少なかった<sup>6-12)</sup>。

Tachimura<sup>6,7)</sup>ら、館村ら<sup>8-10)</sup>は、スピーチエイド装着時に鼻咽腔閉鎖の様相が健常者に近似する背景を明らかにするために、スピーチエイド装着時、非装着時の口蓋帆拳筋活動の相違について検討した。その結果、発音時に要する筋活動が、装着時には小さくなり<sup>7,9)</sup>、筋活動の最大値の50%以下の値を示すもの

の，非装着時には最大値に近似した値を示すこと<sup>10)</sup>を報告した。これらのこととは、スピーチエイドを装着していない場合には、鼻咽腔閉鎖運動に装着時よりも大きな筋活動が要求されることを示している。すなわち、非装着時には持続活動である会話時に口蓋帆挙筋に疲労が生じることにより、鼻咽腔閉鎖を維持できなくなることを伺わせる。一方、装着することによって、必要とされる筋活動が小さくなることから、持続的な筋活動の障害となる筋疲労を軽減できることがスピーチエイドの効果発現に関与しているのではないかと考えられる。

館村ら<sup>11)</sup>は、スピーチエイドの口蓋帆挙筋の疲労軽減効果を明らかにするために、単音節の連続表出を被験活動として、スピーチエイド非装着時、装着時における口蓋帆挙筋の積分筋電図値の表出度数の増加にともなう変化を検討した。その結果から、非装着時と比べて、装着時には、表出順に対する積分筋電

図値の回帰直線の傾きの絶対値が小さくなることを示し、スピーチエイドの装着時には、表出度数が増加しても、均一な大きさの筋活動の継続が可能となることから、筋疲労が軽減される可能性を示唆している。しかしながら、積分筋活動値は意識や意図といった中枢性疲労の影響を受ける<sup>13)</sup>ため、館村ら<sup>11)</sup>は、末梢器官である口蓋帆拳筋自体の疲労については、周波数分析により中枢の影響を排除して疲労を評価する必要性を指摘している。

本研究では、単音節の連続表出における口蓋帆拳筋筋電図の Mean Power Frequency を指標に、口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不全症例の口蓋帆拳筋が、健常者と比べて疲労しやすいかどうか、口蓋帆拳筋の疲労が、スピーチエイドによって軽減されるかどうかについて検討した。

#### 研究方法

実験 I では、鼻咽腔閉鎖不全症例の口蓋帆

挙筋が単音節の連續表出時に疲労するか否かを検討した。実験Ⅱでは、鼻咽腔閉鎖機能の良好な健常者を対象にして実験Ⅰと同様の実験を行い、単音節の連續表出における口蓋帆挙筋の疲労が、鼻咽腔閉鎖不全症例と健常者で異なるかどうか検討した。実験Ⅲでは、スピーチエイドを装着することにより口蓋帆挙筋の疲労の程度が変化するかどうか検討した。

## 実験Ⅰ

### [被験者]

被験者は、1歳から2歳の間に粘膜骨膜弁後方移動術によって口蓋形成術を受けた後に、鼻咽腔閉鎖不全症と診断された患者の中から、以下の条件を満たす患者を選択した。すなわち、鼻咽腔内視鏡所見において、実質的な閉鎖不全部分は認められないものの、子音表出時、連続音表出時、有声、無声 *blowing* 時のいずれか、もしくは全てにおいて鼻咽腔閉鎖平面に *bubbling* が観察された症例(*Borderline*

### **Velopharyngeal Incompetence/competence : BVP**

例) 4例(男2人, 女2人, 平均年齢15.8±3.0歳)と, 発音時や blowing 時あるいはその両方で実質的な閉鎖不全部分を有した症例

(Velopharyngeal Incompetence: VPI例) 4例

(男1人, 女3人, 平均年齢14.8±1.3歳)を選択した。いずれの症例も開鼻声や鼻雜音が聴取されたものの、口蓋裂異常構音は認められなかった。

### [口蓋帆拳筋筋電図] (図1)

口蓋帆拳筋の筋電図は, Tachimuraら<sup>6,7)</sup>, 館村ら<sup>8-12)</sup>の報告に準じて, 以下の方法で採取した。電極は, 直径 $90 \times 10^{-6}$ mのエナメル被覆ステンレス線(BELDEN Co., U.S.A.)の先端のエナメル被覆を除去して, ステンレス線を2mm露出させたものを用いた。この電極を皮内注射用注射針(26G×1/2 in.)に挿入した後, 電極の先端より3mmの部位を折り返して有鉤針金電極とした。[a]表出時に軟口蓋

の口腔側に生じる *levator dimple* に、電極を挿入した注射針を外、後、上方に向かって、10mm の深さで刺入した後、注射針のみを抜去し電極を口蓋帆拳筋に留置した。

2本の電極間距離が 7mm になるように刺入し、双極誘導とした。接地極は被験者の右耳朶に設置した。電極の導線は、語音の表出を障害しないように、上顎結節後方から頬粘膜に沿わせて口角より口腔外に導出し、頬骨弓上の皮膚に、抜去した注射針と共にテープにて固定した。

#### [口蓋帆拳筋疲労]

口蓋帆拳筋疲労の評価には、筋が疲労すると値が低下することが知られている Mean Power Frequency (MPF)<sup>14-18)</sup>を用いた。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、低域遮断周波数 50Hz, 高域遮断周波数 1kHz, 時定数 30 msec. で導出した筋電図信号

をデータコーダ（KS-616, ソニー（株））に保存した後、パーソナルコンピュータ（Power Macintosh 7200/90, アップル（株））に取り込み、波形分析ソフト（Matlab, バイオリサーチセンター（株））を使用して周波数分析を行った。分析は sampling rate 2000/sec., 周波数領域 0-1000Hz, 分解能 0.98Hz にて行った。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, マイクロソフト社（株））を用いて MPF を求めた。

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

f は周波数, p はパワースペクトラムを表す。

### [実験方法]

実験時の姿勢は、眼耳平面が床と並行になるよう座位を指示した。被験活動は、ストップウォッチの秒カウントに合わせて、口唇破裂音 [pu] を 1 秒 1 回のリズムで 50-60 回表示することを指示した。嚥下は表出リズムを

乱す可能性があったため、あらかじめ唾液を嚥下してから被験活動を開始するように指示した。息継ぎは、表出リズムを乱さずに表出活動の合間に行うように指示した。息継ぎの回数は被験者の自由意志に依存した。被験活動中に表出のリズムの乱れが、同時モニタしている記録紙上で確認された場合には、実験を中止し、5分の休憩の後、再度実験を初めから行った。

被験活動開始から表出順にそれぞれの [pu] 表出時の MPF を求め、表出順に対する MPF の回帰直線を求めた。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蓋帆挙筋の疲労と定義した。

## 実験 II

被験者は、鼻咽腔内視鏡検査で鼻咽腔閉鎖運動に異常を認めなかつた健常者 5 名（男 2 人、女 2 人、平均年齢  $22.8 \pm 2.1$  歳）とした。口蓋帆挙筋電図の電極および電極の刺入、

口蓋帆挙筋の疲労の測定，実験方法は，実験Iと同様の手技，方法にて行った。

### 実験 III

#### [被験者]

被験者は，実験Iと同様の条件の鼻咽腔閉鎖不全症患者で，Palatal Lift Prosthesis(以下PLPとする)を装着していた4例(男2人，女2人，平均年齢 $15.8 \pm 3.0$ 歳)とBulb-attached Palatal Lift Prosthesis(以下Bulb-PLPとする)を装着していた4例(男1人，女3人，平均年齢 $14.8 \pm 1.3$ 歳)とした。各装置の概要は後述する。被験者のスピーチエイド装着期間は7ヶ月以上であり，全ての被験者が，違和感を訴えること無く日常会話においてVerbal communicationの上で必要としており，装着に慣熟していると考えられた。

全ての被験者において，スピーチエイド非装着時には開鼻声もしくは鼻雜音が聴取されるものの，装着時には開鼻声および鼻雜音と

もに聴取されなかった。装着の有無に関わらず口蓋裂異常構音は認められなかった。

#### [スピーチエイド]

本研究での被験者が装着していたのと同様のスピーチエイドを図2に示す。PLPおよびBulb-PLPは、館村ら<sup>19,20)</sup>の報告にならって作製されたものである。すなわち、PLPは口蓋床とクラスプからなる **palatomaxillary section** と、軟口蓋を鼻咽腔閉鎖平面である口蓋平面の延長面まで挙上する **palatovelar section** で構成されている。Bulb-PLPは、PLPを装着してもなお鼻咽腔閉鎖不全部分が残存する症例に対して、閉鎖不全部分を填塞する **pharyngeal section (Bulb)** を **palatovelar section** の後端に付与したものである。

#### [口蓋帆挙筋筋電図]

電極の刺入は、**levator dimple**を観察しながら刺入が行えるように、装置を装着していくな

い状態で行った。電極の刺入に先立ち、スピーチエイド装着時に *palatovelar section* が電極を傷害しないように、あらかじめ *palatovelar section* が接触する軟口蓋の位置を、ピオクタニンにて印記しておき、印記部分を避けて刺入を行った。その他の手技は実験 I に準じた。

#### [実験方法]

はじめにスピーチエイド非装着時の実験を行い、次いで電極を留置した状態でスピーチエイドを装着させ、同一の電極を用いて装着時の実験を行った。装着時の実験の前には5分以上の休憩をおくことによって、非装着時の被験活動の影響を回避した。

実験 I, II と同様に、それぞれの [pu] 表出時の MPF から、表出順に対する MPF の回帰直線を求め、非装着時と装着時の傾きを比較することにより、疲労の程度を評価した。傾きの絶対値が大きい場合を、疲労の程度が大き

いとした。

## 研究結果

### 実験 I . 鼻咽腔閉鎖不全症例での単音節の連続表出における口蓋帆拳筋の疲労

VPI 例, BVP 例の回帰直線の傾きは -0.485 から -0.251 と全例を通じて負の値を示した (図 3, 4, 表 1). 被験者それぞれでの傾きの有意性の検定<sup>21)</sup>の結果, 8 例とも有意水準 0.01 で有意性が認められた (表 2). BVP 例, VPI 例において, 口蓋帆拳筋の MPF は, 表出度数の増加に伴い有意に低下する傾向があることが示された。

以上の結果から, 鼻咽腔閉鎖不全症例の口蓋帆拳筋は, 単音節の連続表出時に疲労することが示された。疲労する傾向は, BVP 例, VPI 例とともに認められ, 鼻咽腔閉鎖不全症の重症度に関わらないことが示された。

### II . 健常者での単音節の連続表出における口

### 蓋帆拳筋の疲労

回帰直線の傾きは -0.091 から -0.052 であり、5 例に共通して負の値を示したものの中、傾きの絶対値は実験 I の鼻咽腔閉鎖不全症例と比べて、小さい値を示した（図 5、表 3）。各被験者の回帰直線の傾きの有意性の検定<sup>21)</sup>の結果、鼻咽腔閉鎖不全症例と異なり、健常者では傾きに有意性が認められなかった（表 4）。健常者では、単音節の連続表出における MPF の有意な変化が認められなかった。

以上の結果から、健常者においては、単音節の連続表出時に口蓋帆拳筋の疲労は生じないことが示された。また、単音節の連続表出における口蓋帆拳筋の疲労の程度は、健常者よりも鼻咽腔閉鎖不全症例において著明であることが示された。

### III. スピーチエイド装着例での単音節の連続表出における口蓋帆拳筋の疲労

非装着時には、8 例とも回帰直線の傾きは

負の値を示した。装着時における回帰直線の傾きは、1被験者(PLP-2)が正の値を示したもののみ、その他の被験者は、負の値を示した(図6, 7, 表5)。被験者それぞれの傾きの有意性の検定<sup>21)</sup>の結果、PLP-3, PLP-4は有意水準0.01で、Bulb-2, Bulb-3は有意水準0.05で有意な負の傾きを示した。正の傾きを示したPLP-2と、負の傾きを示した被験者のうち、PLP-2, Bulb-1, Bulb-4は、傾きに有意性が認められなかった(表6)。装着時にはMPFの変化が有意でなくなる被験者があることが示された。

装着時と非装着時における回帰直線の傾きを比較した検定<sup>21)</sup>の結果、PLP装着例、Bulb-PLP装着例の全例に共通して、装着時の傾きの絶対値は非装着時と比べて、有意に小さいことが示された(表7)。すなわち、スピーチエイドを装着することにより、単音節の連續表出におけるMPFの低下が軽減することが示された。

以上の結果から、単音節の連続表出時に口蓋帆拳筋疲労を呈する鼻咽腔閉鎖不全症例であっても、スピーチエイドを装着することにより、口蓋帆拳筋疲労が軽減されること、および症例によっては、健常者と同様に疲労が生じなくなることが示された。疲労を軽減する効果は、スピーチエイドの種類に関わらず認められることが示された。

## 考 察

### 方法の考察

#### [筋疲労の指標について]

筋疲労を生理学的に評価するには、四肢の筋では、筋疲労の結果として生じる運動量の低下や筋力の低下を評価する方法、筋電図を用いて筋活動量の変化や筋電図信号の周波数帯の変化を観察する方法が知られている<sup>13)</sup>。鼻咽腔閉鎖の運動を観察する方法には、レントゲン検査、鼻咽腔内視鏡検査がある<sup>22)</sup>。しかしながら、レントゲン検査は、被爆の問題

があるため、疲労が生じて、運動量が変化するまで継続することは倫理上問題である。また、鼻咽腔内視鏡検査は、運動を定性的に観察するには有効であるが、内視鏡のレンズ特性のため定量評価が不可能であり、疲労にともなう運動量の変化を観察するには無理がある。

Kuehn ら<sup>23)</sup>は、健常者を対象にして、後藤<sup>24)</sup>が報告したものと同様のバルーン型の鼻咽腔閉鎖圧センサーを用いて、鼻腔に陽圧を負荷した状態の単音節の連続表出での鼻咽腔閉鎖力の変化をみるとより疲労の評価を行った。しかしながら、バルーン型の圧センサーは圧縮されることで力が測定されるため、実質的閉鎖不全症例では適応が困難である。また、バルーン型の圧センサーを鼻咽腔に留置するため、発音時の呼気流は変化することが予想される。口蓋帆挙筋活動は、発音時に鼻腔気流量と口腔内圧の影響を受けること<sup>25-27)</sup>から、バルーン型の圧センサーで測定さ

れる鼻咽腔閉鎖不全症例の閉鎖力は、呼気流の変化によって修飾された口蓋帆挙筋活動の影響を受ける可能性がある。

館村ら<sup>11)</sup>は、スピーチエイドによる口蓋帆挙筋の疲労軽減効果を明らかにするために、単音節の連続表出における口蓋帆挙筋筋電図の積分値の表出度数の増加にともなう変化を指標にして検討を行った。筋疲労にともなう筋電図の積分値の変化は、負荷が最大収縮力を必要とする程度であれば低下し、筋線維のリクルートメントが可能である程度であれば上昇することが知られている<sup>15,16)</sup>。また、積分値は意識や意図といった中枢性疲労の影響を受けるため<sup>13)</sup>、末梢器官である口蓋帆挙筋自体の疲労については直接反映するものではない。これらの筋電図の積分値の特徴から、館村ら<sup>11)</sup>は、積分値では、筋疲労を示唆することは可能であるが、筋自体の疲労を見るためには、周波数分析により中枢の影響を排除して疲労を評価する必要性を指摘した。

一方、筋電図信号の周波数帯の変化は、疲労にともなう運動量の変化は反映しないものの、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ため、筋自体の疲労を反映することが知られている<sup>14-18)</sup>。本研究では、周波数帯の変化を表す値として MPF を用い、中枢の影響を排除した口蓋帆挙筋自体の疲労を評価した。

#### [被験活動について]

筋の血流が阻害された場合や筋の収縮が持続した場合には、代謝物質の流出が抑制されるため、MPF の低下の程度が大きくなることが報告されている<sup>28)</sup>。一方、このことから、筋の収縮が連続せず、断続的に弛緩した場合は、代謝物質が筋外へ流出し、MPF が低下せず、筋の疲労を評価できないことが考えられた。したがって、口蓋帆挙筋の疲労を MPF で評価するには、筋の弛緩時間が短い、大きい筋活動量を要する負荷が必要である。そのような負荷としては、最大努力による blowing

活動，長時間の日常会話，筋活動の高い閉鎖性子音の連続表出が考えられる。

しかしながら，blowing活動は，健常者では，持続的で発音時より大きな口蓋帆拳筋活動を示すものの<sup>29)</sup>，鼻咽腔閉鎖不全症例では，発音時より小さい筋活動を示す症例がある<sup>10,30)</sup>ため被験活動には不適である。日常会話での筋疲労の評価が本来の口蓋帆拳筋の疲労を検討する上で適していると考えられる。しかしながら，母音表出時の口蓋帆拳筋活動値は，鼻音に近似した小さい値をしめす場合があり<sup>31)</sup>，母音を多く含む日本語会話<sup>32)</sup>では，会話時に筋疲労を生じない可能性も考えられた。したがって，本研究では鼻咽腔閉鎖不全症例においても高い筋活動が認められる閉鎖性子音の単音節[pu]を選択し，連続表出することを被験活動とした。[pu]を選択した理由は，[pu]は構音運動が容易であり，構音運動に舌が関与しないため，舌運動にともなう口蓋舌筋活動の口蓋帆拳筋活動に与える影響

<sup>33)</sup>が無いと考えられたためである。

単音節の連続表出を負荷にして MPF の低下を生じさせるには、早いリズムで、回数を多く表出させることが理想的であると考えられた。健常者が最大吸気してから、息継ぎなしで連続して発音可能な時間は 20 から 30 秒間であるとされる<sup>34)</sup>が、鼻咽腔閉鎖不全症例では、発音時に呼気が鼻腔に流入するため、さらに短いことが予想される。したがって、被験活動中に息継ぎが必要であるものの、息継ぎにより表出のリズムが乱れると、疲労の定量的評価が不可能となる。以上のことから、被験者が表出のリズムを乱さずに息継ぎが可能であり、かつストップウォッチを指標にして容易にリズムをとることが可能である 1 秒 1 回を採用した。

#### [実験方法について]

電極の刺入は、口蓋帆拳筋の付着部位である [a] 表出時に生じる Levator dimple を指標にして行った。口蓋裂術後の被験者では、口蓋

形成術の種類や術後に生じた瘢痕の状態、および口蓋帆拳筋輪の形成の程度は様々である。そこで、口蓋帆拳筋輪を形成することを基本とする粘膜骨膜弁後方移動術によって形成術が行われた症例に限定し、軟口蓋が [a] 表出時に挙上し、*Levator dimple* が確認できた症例だけを対象にして実験を行った。電極が口蓋帆拳筋に刺入されていることの確認は、被験活動の開始に先立ち、発音活動、*blowing* 活動、嚥下活動にて筋活動が生じることを観察することによって行った。

ある活動での筋疲労の程度を調べる場合、直前に行われた活動による疲労の影響が消失している必要がある。本研究の実験Ⅲでも、非装着時、装着時と連続して疲労の実験を行うと、直前の実験の影響を受ける可能性が考えられた。Kuehn ら<sup>23)</sup>は、鼻咽腔閉鎖力を指標にした疲労の実験の結果から、鼻咽腔閉鎖関連筋の筋力の回復には、1.5 分あれば充分であると述べている。一方、MPF が疲労前の

値に回復するには、咀嚼筋や僧帽筋においては、5分以上休憩することにより疲労前の値に回復することが報告されている<sup>14,18)</sup>。これらの報告を参考にして、実験Ⅲでは、直前の実験の影響を受けないように、休憩を5分以上に設定した。

#### [筋疲労の評価法について]

MPFの低下を統計的に検討するには、被験活動開始直後と終了直前のMPFを比較する方法<sup>16,28)</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>15,17)</sup>が報告されている。しかしながら、これまで音声活動における筋機能の分析にMPFを用いた報告はなく、単音節の連続表出時に、MPFが表出度数の増加にともない、どのように低下するかは明らかではなかった。本研究では、被験活動を通じて、どれだけの割合でMPFが低下しているのかを統計的に検討するために、回帰直線を求め、その傾きを疲労しやすさの程度を表す指標とした。

## 結果の考察

実験Ⅰの結果、鼻咽腔閉鎖不全症例においては、BVP例、VPI例とともに、単音節の連續表出における口蓋帆拳筋のMPFは、表出度数の増加にともない低下することが明らかになり、口蓋帆拳筋が疲労することが示された。

軟口蓋は、1秒間に4音節を表出したときには拳上状態が維持されるものの、1秒に2音節以下のリズムで表出したときは各音節表出ごとに下垂・拳上を繰り返すことが知られている<sup>35)</sup>。一方、日本語の自由発話では1秒間に8から15音節表出される<sup>36)</sup>。したがって閉鎖性子音の自由発話では、口蓋帆拳筋は持続的に収縮すると考えられる。本研究で示した1秒1回の表出リズムでは、口蓋帆拳筋は音節ごとに弛緩・収縮を繰り返していると考えられるにもかかわらず、鼻咽腔閉鎖不全症例での口蓋帆拳筋は疲労することが示されていた。したがって、より疲労しやすい持

続的な筋収縮<sup>16, 28, 37)</sup>を要する日常会話においては、口蓋帆挙筋疲労は増悪する可能性が考えられた。

本研究で対象にした BVP 例、VPI 例の区別は、鼻咽腔内視鏡検査にて観察された鼻咽腔閉鎖不全部分の大きさにもとづいている。実験Ⅰの結果から、口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不全症例においては、内視鏡で視覚的に判断された閉鎖不全症の重症度に関わらず、閉鎖不全状態の存在によって、日常会話時に口蓋帆挙筋は疲労する可能性が示唆された。

一方、実験Ⅱでの健常者では、表出度数に対する MPF の回帰直線には有意性は認められなかった。すなわち、単音節の連續表出における口蓋帆挙筋の疲労の程度は、呼気が鼻咽腔を通じて鼻腔に流入する鼻咽腔閉鎖不全症例では大きくなり、気密に鼻咽腔が閉鎖されている健常者では小さいことが示された。

Kuehn ら<sup>29, 30)</sup>は、鼻咽腔閉鎖不全症例と健常者における口蓋帆挙筋活動の相違を明らか

にするために、発音時と blowing 時の口蓋帆  
挙筋筋電図をもとに検討した。その結果、健  
常者では発音時の筋活動値は、表出し得る筋  
活動の最大値の 50% 以下を示すものの、鼻  
咽腔閉鎖不全症例では最大値に近似した値を  
示すことを明らかにした。本研究で、健常者  
と比べて、口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不全症例  
の口蓋帆挙筋の疲労程度が大きかった背景に  
は、発音活動に要する筋活動が、相対的に健  
常者より大きいことが関与していることが考  
えられた。

Tachimura ら<sup>6,7)</sup>、館村ら<sup>8-10)</sup>は、スピーチ  
エイドの神経筋機構に与える影響を明らかに  
するために、発音および blowing 活動を被験  
活動として、スピーチエイド装着時と非装着  
時における口蓋帆挙筋活動の相違を検討した。  
その結果、装着時は、非装着時と比べて、被  
験活動に要する筋活動が小さくなることを示  
した。このことから、スピーチエイド装着時  
には、目的とする活動を達成するために必要

な筋活動が小さくなることにより、筋疲労が軽減される可能性を示唆した。

実験Ⅲでは、鼻咽腔閉鎖不全状態が補完されていない時に示された口蓋帆拳筋の疲労の程度が、スピーチエイドの装着により変化するかを検討した。その結果、スピーチエイド非装着時には、全例で表出順に対するMPFの回帰直線の傾きが有意に負の値を示したもの、装着時には全例を通じて傾きの絶対値が有意に小さくなり、単音節の連続表出における口蓋帆拳筋の疲労が軽減されることが示唆された。

本研究で用いたスピーチエイドであるBulb-PLPとPLP装着時には、いずれも軟口蓋が鼻咽腔閉鎖平面である口蓋平面まで挙上され、鼻咽腔は狭小化されるものの、安静時には鼻呼吸や鼻音の表出が障害されない程度の空隙が存在している。この空隙は、いずれの装置装着時にも、口蓋帆拳筋の収縮による軟口蓋と咽頭側壁の動き<sup>3,8)</sup>で閉鎖される。しか

しながら、その閉鎖は、PLP 装着例では、装着者自身の組織で達成され、Bulb-PLP 装着例では、実質的な閉鎖不全部分に挿入された Bulb を介在させて達成される。したがって、PLP 装着例と Bulb-PLP 装着例では、鼻咽腔閉鎖時の接触感覚が異なることが考えられ、それにともなって鼻咽腔閉鎖を調節する機構の様相も異なり、同時に疲労軽減効果も相違するのではないかと考えられた。しかしながら、本研究の結果からは、両装置とも装着時に同様に疲労が軽減され、その効果に相違が無いことが伺われた。

PLP、Bulb-PLP いずれの種類であっても、装着時に安静時から鼻咽腔閉鎖に至るまでの筋活動による運動量は、非装着時での安静時から閉鎖様の運動を行ったときの運動量より小さくてよい。一方、館村ら<sup>25)</sup>、Tachimura ら<sup>26)</sup>、原ら<sup>27)</sup>は、鼻咽腔閉鎖機能に関する空気力学的な要素の変化の影響を明らかにするために、Bulb-PLP 装着例を対象に、Bulb

の中央を長軸方向に穿孔した Bulb-PLP を用いて、発音時に呼気を強制的に鼻腔に誘導したときの口蓋帆挙筋活動の変化を検討した。その結果、穿孔していない Bulb-PLP 装着時と比べて、穿孔した Bulb-PLP 装着時には、筋活動が大きくなることを示した。Bulb 外形には変化を加えていないため、Bulb 周囲を開鎖する上で鼻咽腔構造が必要とする運動量には、穿孔した Bulb-PLP と穿孔していない Bulb-PLP の間に相違がないことから、発音時に呼気が鼻腔に漏出することにより筋活動が増加したものと考えられる。

これらのことから、スピーチエイドを装着することにより口蓋帆挙筋の疲労が軽減される要因には、鼻咽腔閉鎖に要する運動量が減少し、かつ発音時に呼気の鼻腔への流入が防止されることにより筋活動量が小さくなることが関与しているのではないかと考えられた。

以上の本研究の結果、口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不全症例の口蓋帆挙筋は、健常者と比べ

て発音時に疲労しやすいことが明らかになつたことから、鼻咽腔閉鎖不全症の治療に口蓋帆拳筋の疲労を考慮する必要性が示唆された。また、発音時の口蓋帆拳筋の疲労は、スピーチエイドを装着することにより軽減されることが明らかになったことから、スピーチエイドによる鼻咽腔閉鎖機能の賦活効果には、口蓋帆拳筋の疲労を軽減し、過度の筋疲労を呈することなく連続して活動できるようになることが関与しているのではないかと考えられた。

### 結論

スピーチエイドの装着により口蓋帆拳筋疲労が軽減されるかについて、鼻咽腔閉鎖不全症例、健常者およびスピーチエイド装着例を対象にして、単音節の連続表出を被験活動にして口蓋帆拳筋筋電図のMPFを指標に検討した。

1. 口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不全症例では、

表出度数の増加にともない MPF が有意に低下した。MPF の低下は、鼻咽腔閉鎖不全症の重症度に関わらず認められた。

2. 健常者では、MPF の低下に有意性が認められなかった。

3. PLP, Bulb-PLP いずれの種類であっても、スピーチエイド装着時には、単音節の連続表出にともなう MPF の低下は軽減された。また、被験者によっては、装着時の MPF の低下が健常者と同様に有意でなくなることが示された。

以上のことから、口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖不全症例は、発音時に口蓋帆拳筋が疲労するものの、その疲労は、スピーチエイドを装着することにより軽減されることが示された。このことは、スピーチエイドの臨床的適用に有益な示唆を与えるものと考える。

#### 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究を命ぜられ、深い御理解を賜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りました 舘村 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 原 久永博士ならびに教室員各位に厚く御礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) McWilliams, B.J., Morris, H. L. and Shelton, R. L. (1990) : *Surgical management ; Cleft palate speech.* Ed. 2, B. D. Decker, Philadelphia, 55-87.
- 2) 福田登美子, 和田 健, 舘村 卓, 谷本啓二 (1998) : 鼻咽腔閉鎖不全症に対する発音補正装置の効果. 日口蓋誌, 23, 75-82, 平成 10.
- 3) 山下夕香里, 鈴木規子, 今井智子, 森 紀美江, 道 健一 (1998) : 口蓋裂術後の鼻咽腔閉鎖機能不全に対する補綴的発音補

助装置の長期治療成績. 日口蓋誌, 23,  
243-256, 平成10.

- 4) Weiss, C. E. (1971) : Success of an Obturator Reduction Program. *Cleft Palate J.*, 8,  
291-297.
- 5) Wong L. P. and Weiss C. E. (1972) : A clinical assessment of obturator-wearing cleft palate patients. *J. Prosthet. Dent.*, 27 (6), 632-639.
- 6) 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 (3), 224-232.
- 7) 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 (5), 478-482.
- 8) 館村 卓, 高 英保, 原 久永, 森本知花,

- 平田創一郎，和田 健（1996）：スピーチエイド着脱にともなう鼻咽腔閉鎖機能の変化－blowing時口蓋帆拳筋活動の変化－．日口蓋誌，21，28-34，平成8.
- 9) 舘村 卓，高 英保，原 久永，森本知花，平田創一郎，和田 健（1997）：スピーチエイド装着にともなう発音時口蓋帆拳筋活動の変化．日口蓋誌，22，24-31，平成9.
- 10) 舘村 卓，高 英保，原 久永，森本知花，平田創一郎，和田 健（1997）：スピーチエイド装着による鼻咽腔閉鎖機能の予備能形成．音声言語医学，38，337-343，平成9.
- 11) 舘村 卓，野原幹司，藤田義典，和田 健（1998）：スピーチエイドの鼻咽腔閉鎖機能賦活効果の生理学的背景－鼻咽腔閉鎖不全に伴う口蓋帆拳筋疲労とスピーチエイドによる疲労抑制－．日口蓋誌，23，273-281，平成10.
- 12) 舘村 卓，野原幹司，和田 健，藤田

義典（1999）：スピーチエイドによる鼻咽腔閉鎖機能賦活効果の生理学的背景－健常者での軟口蓋拳上に伴う口蓋帆拳筋活動領域の変化－. 音声言語医学, 40, 114-119, 平成11.

- 13) 室增男（1994）：筋疲労・筋痛のスポーツ生理学；スポーツ生理学（森谷敏夫，根本勇編）. 朝倉書店，東京，86-100，平成6.

- 14) Hagberg, C. and Hagberg, M. (1988) : Surface EMG frequency dependence on force in the masseter and the anterior temporal muscles. *Scand J Dent Res*, 96, 451-456.

- 15) Moritani, T., Takaishi, T. and Matsumoto, T. (1993) : Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. *J. Appl. Physiol.*, 74 (4), 1729-1734.

- 16) Tschoepe, B. A., Sherwood, D. E. and Wallace, S. A. (1994) : Localized Muscular Fatigue Duration, EMG Parameters and

- Accuracy of Rapid Limb Movements. J.  
*Electromyogr. Kinesiol.*, 4, 218-229.
- 17) Oberg, T. (1994) : Subjective and objective evaluation of shoulder muscle fatigue. *Ergonomics*, 37 (8), 1323-1333.
- 18) Oberg, T. (1995) : Muscle Fatigue and Calibration of EMG Measurements. J.  
*Electromyogr. Kinesiol.*, 5 (4), 239-243.
- 19) 舘村 阜, 和田 健 (1988) : 桩塞子付口蓋挙上装置 (Bulb-attached Palatal Lift Prosthesis) の考案. 日口蓋誌, 13, 253-261, 昭和 63.
- 20) 舘村 阜, 和田 健, 原 久永, 佐藤耕一 (1992) : 粉液型光重合リライニングレジンを用いた咽頭部作製法による栓塞子付き口蓋挙上装置. 歯界展望, 80, 147-155, 平成 4.
- 21) Malpole, R. E. and Myers, R. H. (1995) : Single Linear Regression and Correlation; Probability and Statistics for

Engineers and Scientists. Ed. 5, Macmillan Publishing Company, New York, 365-411.

- 22) McWilliams, B. J., Morris, H. L. and Shelton, R. L. (1990) : Instrumentation for assessing the velopharyngeal mechanism ; Cleft palate speech. Ed. 2, B. D. Decker, Philadelphia, 163-196.
- 23) Kuehn, D. P. and Moon, J. P. (2000) : Induced Fatigue Effects on Velopharyngeal Closure Force. *JSLHR*, 43, 486-500.
- 24) 後藤友信 (1977) : 鼻咽腔閉鎖強度とその調節に関する研究. 阪大歯学誌, 22, 87-106, 昭和 52.
- 25) 舘村 卓, 和田 健, 原 久永, 佐藤 耕一 (1991) : 発音補正装置装着時における口蓋帆拳筋活動に対する口腔内圧および鼻腔漏出気流量の影響. 日口蓋誌, 16(4), 180-189, 平成 3.
- 26) Tachimura, T., Hara, H. and Wada, T. (1995) : Oral air pressure and Nasal Air

Flow Rate on Levator Veli Palatini Muscle Activity in Patients Wearing a Speech Appliance. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 32 (5), 382-389.

- 27) 原 久永, 館村 卓, 和田 健(1996) :  
発音時における口蓋帆拳筋活動に対する  
口腔内圧, 鼻腔気流量の影響 - スピーチエ  
イド装着症例における検討一. 日口蓋誌,  
20, 9-16, 平成 7.

- 28) Signorile, J. F., Digel, S., Moccia, G.,  
Applegate, B. and Perry, A. (1991) : Effects  
of Partial Occlusion of Circulation on  
Frequency and Amplitude of Surface  
Electromyography . *J. Electromyogr.  
Kinesiol.*, 1 (2), 124-129.

- 29) Kuehn, D. P. and Moon, J. B. (1994) :  
Levator Veli Palatini Muscle Activity in  
Relation to Intraoral Air Pressure Variation.  
*JSHR*, 37, 1260-1270.

- 30) Kuehn, D. P. and Moon, J. B. (1995) :

Levator Veli Palatini Muscle Activity in  
Relation to Intraoral Air Pressure Variation  
in Cleft Palate Subjects. *Cleft Palate*  
*Craniofac. J.*, 32 (5), 376-381.

- 31) 高 英保 (1998) : スピーチエイド装着による口蓋帆拳筋活動の変化に関する筋電図学的研究. *阪大歯学誌*, 43 (1), 1-36, 平成 10.
- 32) Hattori, S. (1961) : Prosodeme, syllable structure and laryngeal phonemes. Studies in descriptive and applied linguistics. *Bull Summer Inst Linguist.*, 1-27.
- 33) Moon, J. B., Smith, A. E., Folkins, J. W., Lemke, J. H. and Gartlan, M. (1993) : Coordination of Velopharyngeal Muscle Activity during Positioning of the Soft Palate. *Cleft Palate Craniofac. J.* 31, 45-55.
- 34) 広瀬 肇 (1994) : 発声の生理 ; 声の検査法 基礎編 (日本音声言語医学会編). 2 版, 医歯薬出版, 東京, 19-42, 平成 6.

- 35) McWilliams, B. J., Morris, H. L. and Shelton, R. L. (1990) : The nature of the velopharyngeal mechanism ; Cleft palate speech. Ed. 2, B. D. Decker, Philadelphia, 197-235.
- 36) 高丸圭一, 鈴木貫太郎, 広重真人, 栢内香次 (1998) : 自然な環境で発話された自由会話音声における局所的話速変化の基礎的検討. 日本音響学会, 2-P-15, 315-316, 平成 10.
- 37) 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.
- 38) 本庄 嶽, 小島通宏, 原田寿利, 他 (1975) : 咽頭側壁運動における口蓋帆拳筋の意義. 耳鼻臨床, 68 (3), 315-321, 昭和 50.

表 1 鼻咽腔閉鎖不全症例における直線回帰の結果.

BVP は BVP 例, VPI は VPI 例を表す.

表 2 鼻咽腔閉鎖不全症例における回帰直線の傾きの  
検定結果.

BVP は BVP 例, VPI は VPI 例を表す.

\*\* :  $p < 0.01$

表 3 健常者における直線回帰の結果.

表 4 健常者における回帰直線の傾きの検定結果.

表 5 スピーチエイド装着例における直線回帰の結果.

PLP は PLP 装着例, Bulb は Bulb-PLP 装着例を表す.

表 6 スピーチエイド装着例における回帰直線の傾き  
の検定結果.

PLP は PLP 装着例, Bulb は Bulb-PLP 装着例を表す.

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

表 7 スピーチエイド非装着時と装着時における回帰  
直線の傾きの差の検定結果.

PLP は PLP 装着例, Bulb は Bulb-PLP 装着例を表す.

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

図 1 口蓋帆挙筋の疲労を測定・記録する装置の模式  
図.

図 2 本研究で用いたものと同様のスピーチエイド.  
上 : Bulb-attached Palatal Lift Prosthesis (Bulb-PLP)  
下 : Palatal Lift Prosthesis (PLP) .

図 3 鼻咽腔閉鎖不全症例における表出順に対する  
MPF の変化 (BVP 例) .  
横軸は表出度数, 縦軸は MPF (Hz) を表す.

図 4 鼻咽腔閉鎖不全症例における表出順に対する  
MPF の変化 (VPI 例) .  
横軸は表出度数, 縦軸は MPF (Hz) を表す.

図 5 健常者における表出順に対する MPF の変化.  
横軸は表出度数, 縦軸は MPF を表す.

図 6 スピーチエイド装着例における表出順に対する  
MPF の変化 (PLP 装着例) .

横軸は表出度数， 縦軸は MPF (Hz) を表す.

非装着時の MPF を中抜き円，回帰直線を破線で表す.

装着時の MPF を中塗り円，回帰直線を実線で表す.

図 7 スピーチエイド装着例における表出順に対する

MPF の変化 (Bulb-PLP 装着例).

横軸は表出度数， 縦軸は MPF (Hz) を表す.

非装着時の MPF を中抜き円，回帰直線を破線で表す.

装着時の MPF を中塗り円，回帰直線を実線で表す.

## 表 1

左右 6.5 cm

(上)

	表出回数	傾き	MPF軸切片
BVP-1	60	-0.300	254.5
BVP-2	60	-0.485	302.0
BVP-3	58	-0.346	300.5
BVP-4	54	-0.334	295.7
VPI-1	54	-0.251	291.7
VPI-2	55	-0.370	268.0
VPI-3	60	-0.300	299.4
VPI-4	60	-0.294	302.2

野原車会

## 表 2

左  
6.5 cm

(上)

	傾き	t 値	(自由度)
BVP-1	-0.300	-4.000 **	(58)
BVP-2	-0.485	-7.691 **	(58)
BVP-3	-0.346	-7.194 **	(56)
BVP-4	-0.334	-8.863 **	(52)
VPI-1	-0.251	-6.229 **	(52)
VPI-2	-0.370	-6.288 **	(53)
VPI-3	-0.300	-5.751 **	(58)
VPI-4	-0.294	-8.860 **	(58)

\*\* :  $p < 0.01$ 

野原卓司

表3

左右

(上)

6.5 cm

	表出数	傾き	MPF軸切片
N-1	60	-0.091	339.3
N-2	57	-0.069	268.6
N-3	60	-0.057	299.6
N-4	60	-0.083	303.2
N-5	60	-0.052	268.7

野原卓司

表4

左右  
6.5cm

(上)

	傾き	t 値	(自由度)
N-1	-0.091	-1.663	(58)
N-2	-0.069	-0.945	(55)
N-3	-0.057	-1.082	(58)
N-4	-0.083	-1.997	(58)
N-5	-0.052	-1.091	(58)

野原幹司

表5

左右

6.5 cm

(上)

	表出数	傾き	MPF軸切片
PLP-1	60	-0.017	267.5
PLP-2	60	0.003	265.3
PLP-3	58	-0.155	294.3
PLP-4	54	-0.156	289.4
Bulb-1	54	-0.092	299.1
Bulb-2	55	-0.144	281.6
Bulb-3	60	-0.083	298.8
Bulb-4	60	-0.068	320.3

野原幹司

表6

左右  
6.5cm

(上)

	傾き	t 値	(自由度)
PLP-1	-0.017	-0.159	(58)
PLP-2	0.003	0.020	(58)
PLP-3	-0.155	-2.904 **	(56)
PLP-4	-0.156	-3.305 **	(52)
Bulb-1	-0.092	-1.727	(52)
Bulb-2	-0.144	-2.504 *	(53)
Bulb-3	-0.083	-2.498 *	(58)
Bulb-4	-0.068	-1.793	(58)

\* :  $p < 0.05$  , \*\* :  $p < 0.01$

野原幹司

表7

左右6.5cm

(上)

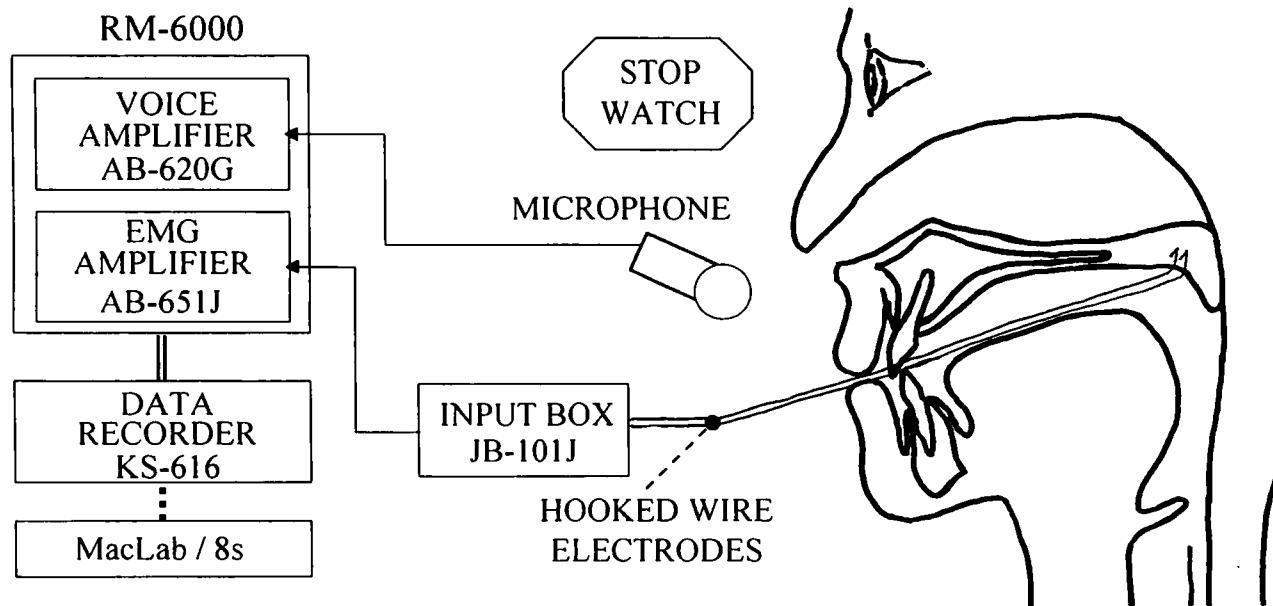
	傾き		t 値	(自由度)
	非装着時	装着時		
PLP-1	-0.300	-0.017	-2.245*	(116)
PLP-2	-0.485	0.003	-3.412**	(116)
PLP-3	-0.346	-0.155	-2.692**	(112)
PLP-4	-0.334	-0.156	-3.006**	(104)
Bulb-1	-0.251	-0.092	-2.431*	(104)
Bulb-2	-0.370	-0.144	-2.793**	(106)
Bulb-3	-0.300	-0.083	-3.566**	(116)
Bulb-4	-0.294	-0.068	-4.542**	(116)

\* :  $p < 0.05$  , \*\* :  $p < 0.01$

野原卓司

図 1  
左右 13cm

(上)



野原幹司

図2

上

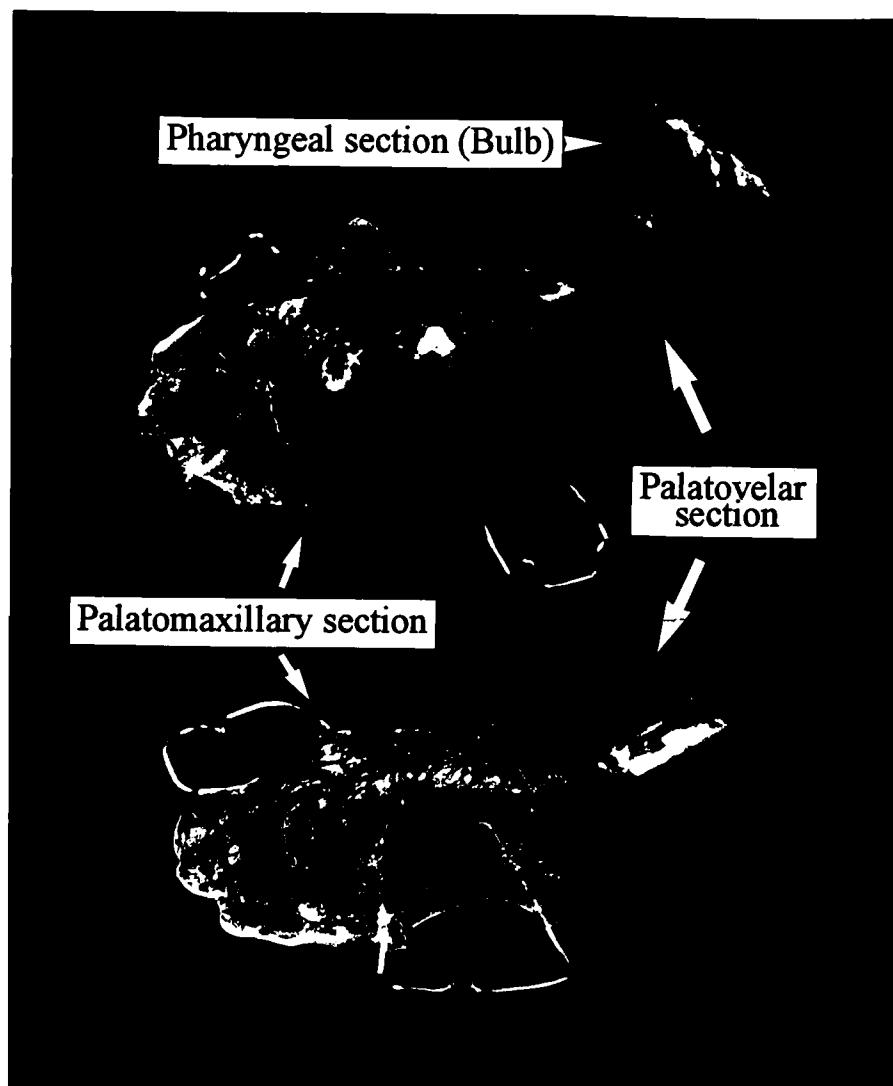
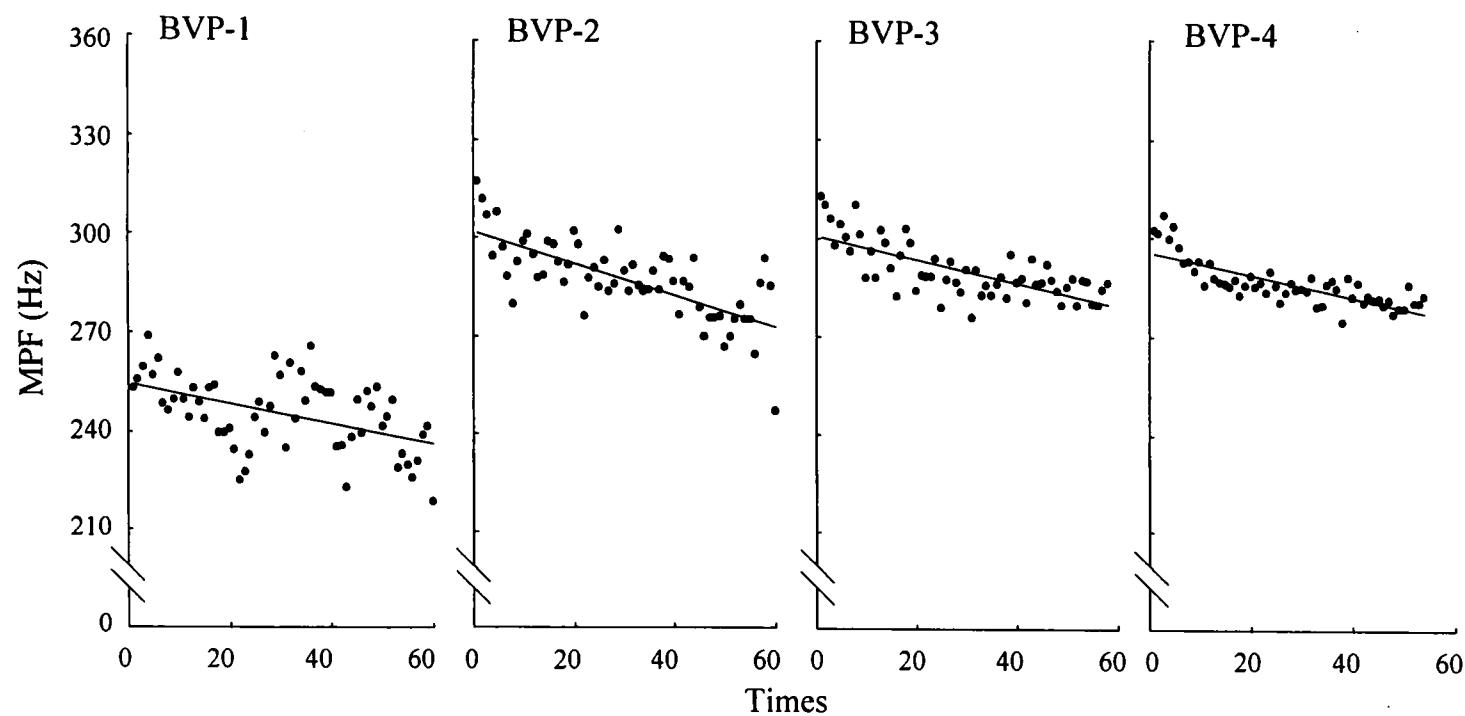


図3  
左右 13cm

(上)

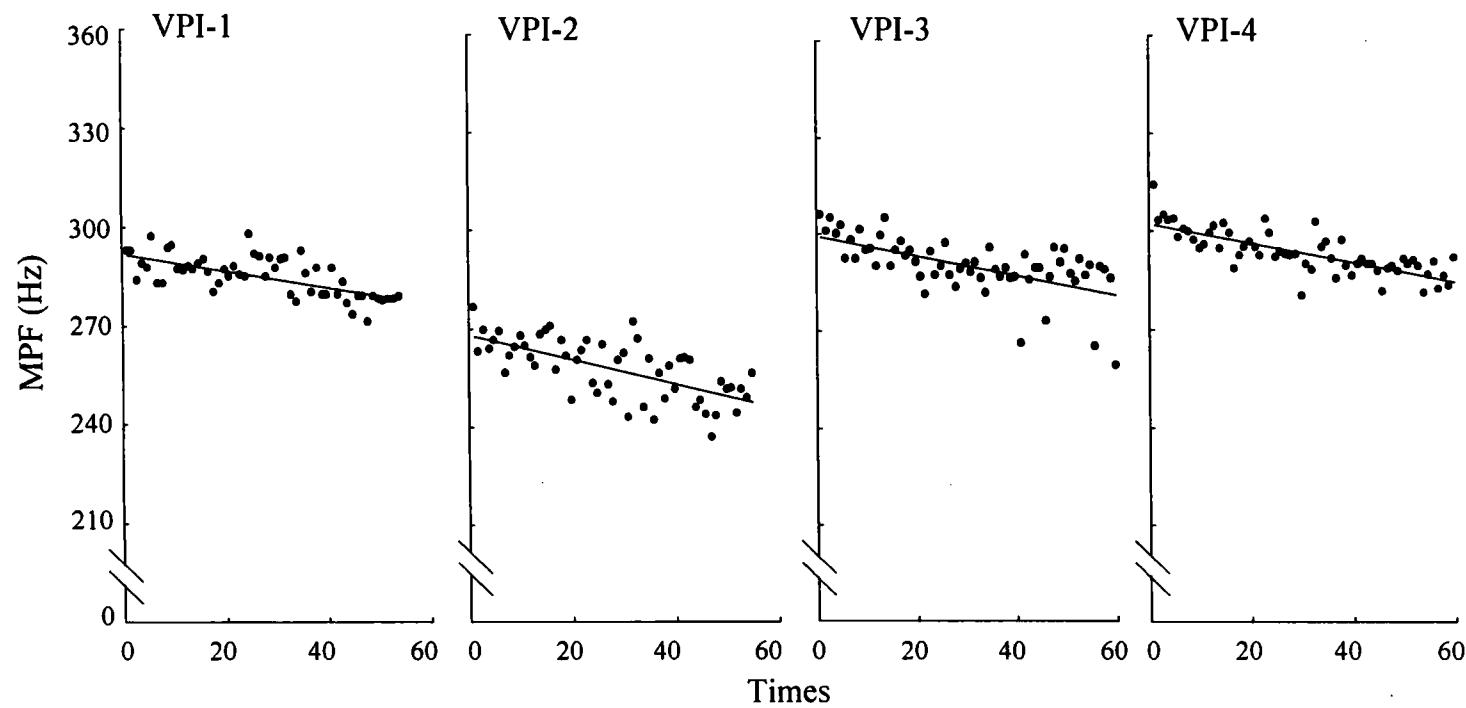


野原軒司

図 4

(上)

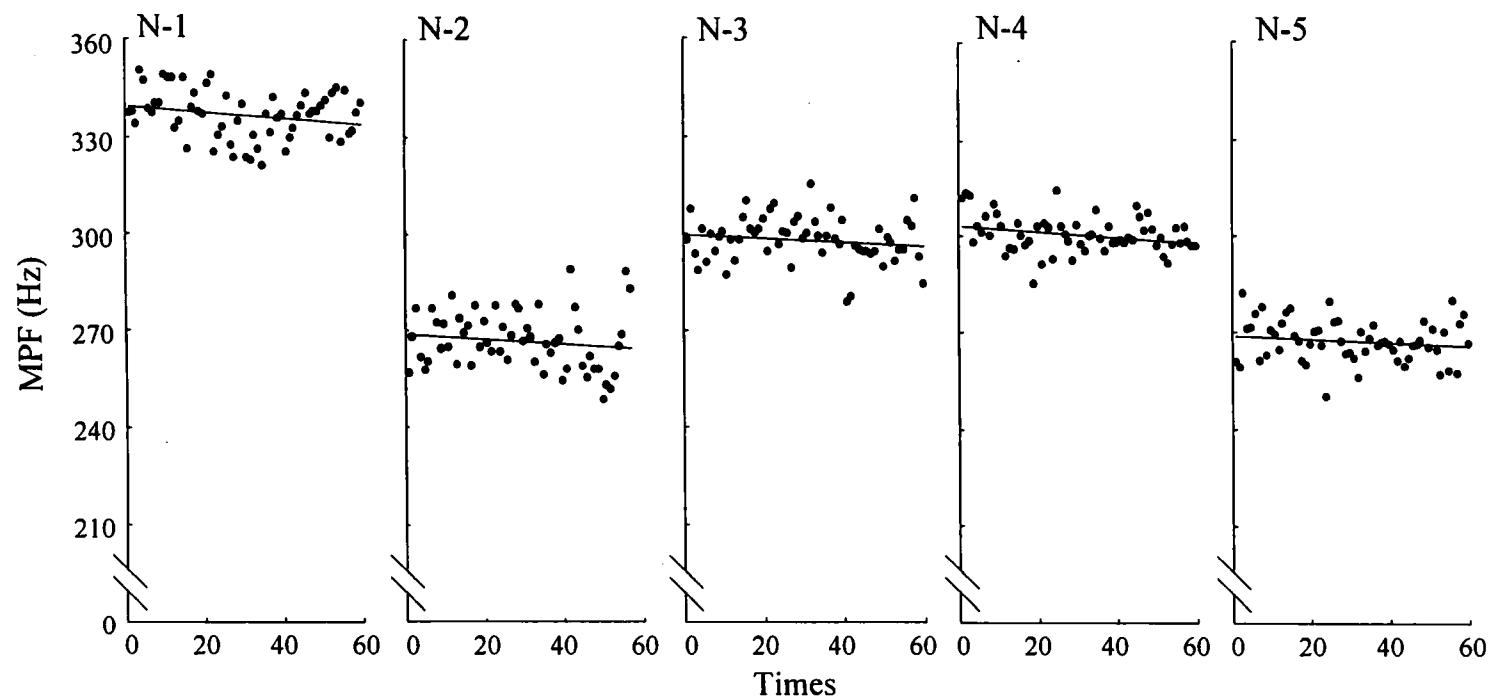
左右 13 cm



野原幹司

図 5  
左右 13 cm

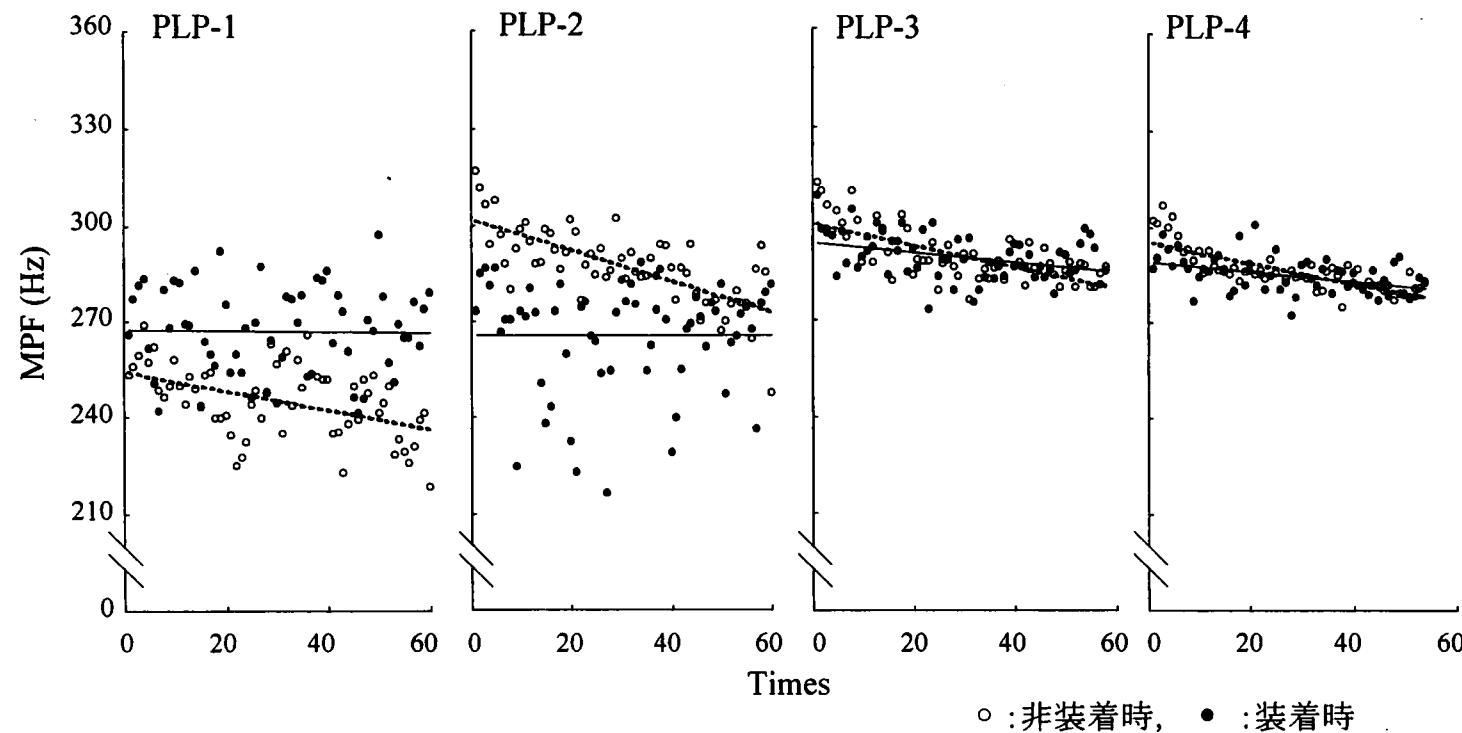
(上)



野原卓司

図 6  
左右 13cm

(上)

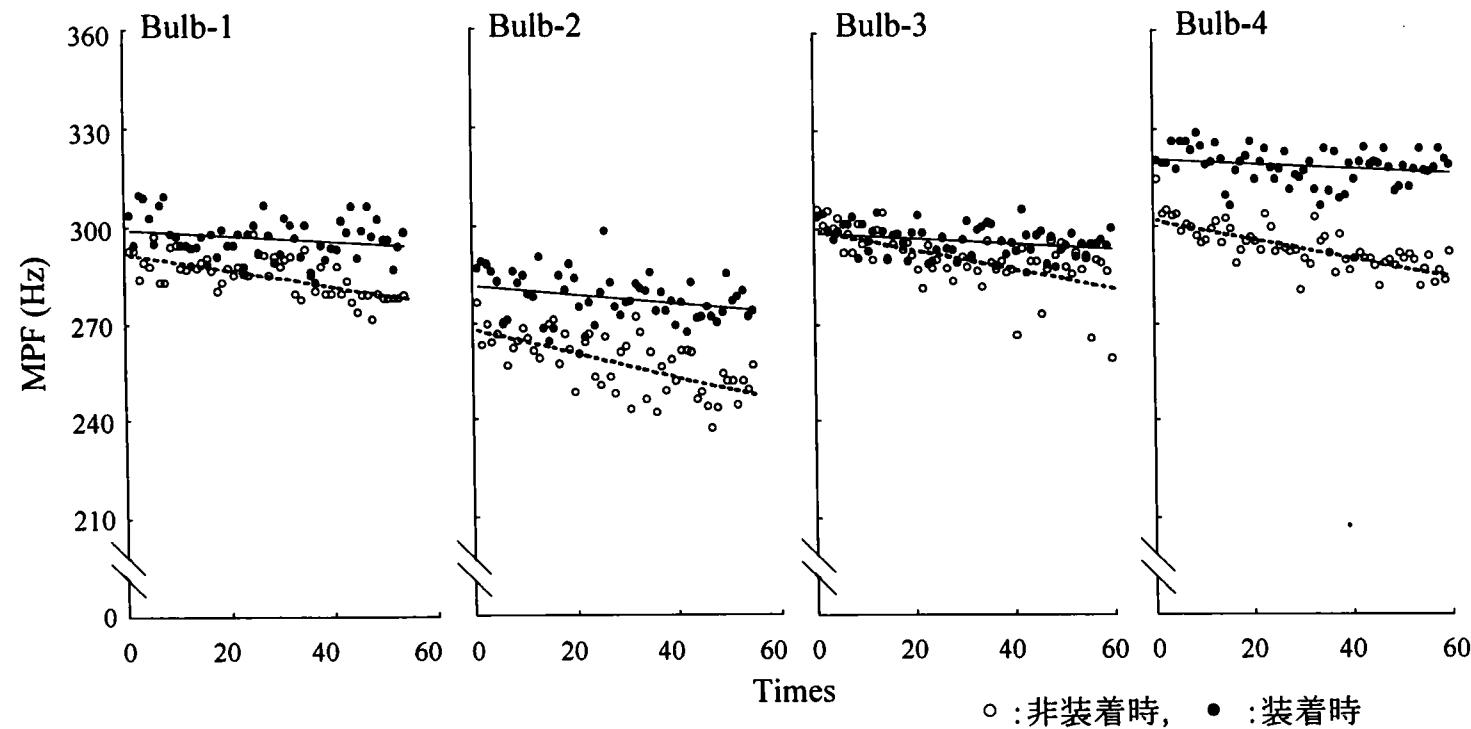


野原軒司

図7

(上)

左右13cm



野原幹司