学位論文

発音補正装置（パラタルリフト）の軟口蓋部の形態的要素が口蓋帆挙筋活動に及ぼす影響に関する研究

藤 田 義 典

大阪大学歯学雑誌　第47巻　第2号　別冊　平成15年4月30日発行
Reprinted from THE JOURNAL OF OSAKA UNIVERSITY
DENTAL SOCIETY, Vol. 47 No. 2. APRIL 2003.

発音補正装置（パラタルリフト）の軟口蓋部の形態的要素が口蓋帆挙筋活動に及ぼす影響に関する研究

藤　田　義　典

（平成14年9月13日受付）

緒　　言

救命救急医療の発達により，最近では脳卒中や頭部外傷患者の救命率は高くなってきているが[1～3]，後遺症として社会復帰を妨げる様々な機能障害を有したまま経過している患者の数は増加している[2]。そのような後遺症の一つに神経筋の問題による音声言語障害，すなわち，運動障害性構音障害がある[4～6]。運動障害性構音障害症例の中には，鼻咽腔閉鎖不全による開鼻声，構音障害を呈する症例がある。開鼻声に対してはパラタルリフト装置（Palatal Lift Prosthesis：PLP）を口蓋に装着して言語治療が行われる場合があり[7]，装着症例の中には正常構音運動に要求される程度にまで鼻咽腔閉鎖機能が改善されていることも報告されている[8]。しかしながら，運動障害性構音障害症例に対するPLPを用いた音声言語治療法は，未だ一般的な治療法として普及していない。その理由は，これまでの報告がPLPを用いた治療により臨床症状が改善した症例数に関する報告であり[9～12]，PLPによる鼻咽腔閉鎖機能の臨床的改善に対する効果の生理学的背景について十分に検討されていなかったことが考えられる。PLPによる改善効果は，PLP軟口蓋部により鼻咽腔閉鎖不全部分を物理的に狭小化することによって音声の鼻腔共鳴を低減させることで発生する[13]。従って，その改善効果はPLP装置の軟口蓋部が軟口蓋を前後，左右，上下方向にどのように挙上して鼻咽腔を狭小化するかに依存している。

大阪大学歯学部附属病院　顎口腔機能治療部
（部長：和田　健教授）

舘村ら[14]は，健常者では発音時に軟口蓋が口蓋平面近傍まで挙上し維持されることと，鼻咽腔閉鎖機能の中心的役割を口蓋帆挙筋が担うことから，口蓋帆挙筋の付着が/a/発音時に生じる左右の軟口蓋小陥凹（levator dimple）であることに着目した口蓋裂症例でのPLP軟口蓋部の作成法を報告している。すなわち，左右の軟口蓋小陥凹の側縁にPLP軟口蓋部の両側縁を一致させ，後縁に後端を一致させた上，口蓋平面まで軟口蓋を挙上する方法である。舘村ら[8]は，本法に準じて作成したPLP装着下で約6ヶ月の言語治療を行った脳卒中症例での装着開始前，6ヶ月後での口蓋帆挙筋活動を分析し，鼻咽腔閉鎖機能が改善されることを報告している。

口蓋裂でのPLP装着症例では，PLPにより鼻咽腔を狭小化することで開鼻声が改善されるだけでなく，鼻咽腔閉鎖機能が改善されて装置が不要になる症例があることが報告されている[15]。先の運動障害性構音障害症例における報告[8]においても口蓋裂症例と同様の効果が得られる可能性を示している。この効果の生理学的背景として，舘村ら[16～18]は，PLPによる軟口蓋の挙上によって口蓋帆挙筋活動が低下する[16,17]ことで，予備能が大きくなる[18]ことにあるとした。このことは，PLP軟口蓋部による軟口蓋の上下方向の運動支援に重要な作用を及ぼすことを示しているが，PLP軟口蓋部の前後，左右の平面的・形態的要素の影響については明らかにされていない。

本研究は，健常者を対象にし，実験用PLP軟口蓋部の長径，幅径を相違させた場合の口蓋帆挙筋活動について分析し，鼻咽腔閉鎖機能に関わるPLP軟口蓋部の平面的・形態的要素について検討

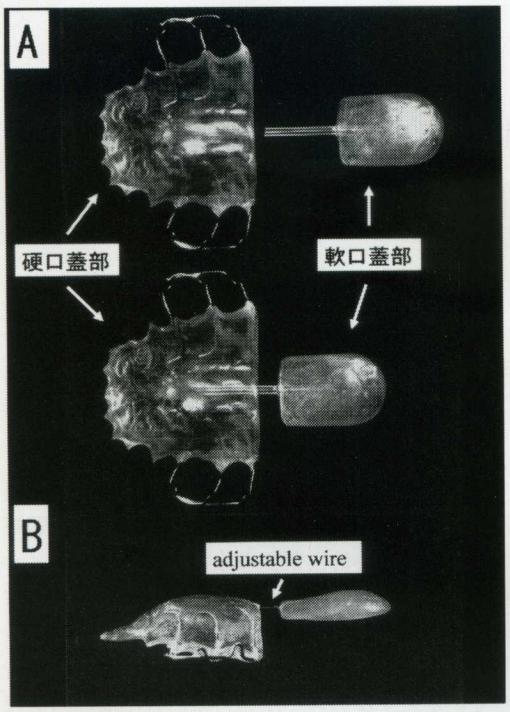

図1　実験用PLP

A：平面観。実験用PLPは口腔内維持のためのPLP硬口蓋部と軟口蓋に直接作用するPLP軟口蓋部で構成される。

B：側面観。adjustable wireを屈曲することで軟口蓋が頭側に向って到達する高さの調節が可能である。

を行い，PLP作成上における形態的要素に何らかの指針を得ることを目的としたものである。

研究方法

〔被験対象〕

本研究の被験対象は，大阪大学歯学部附属病院職員ならびに臨床系大学院生，歯学部6年次学生に対して本研究の趣旨を説明して協力を依頼した結果，自由意志により同意を得られたものの中から，鼻咽腔内視鏡検査で鼻咽腔閉鎖機能に異常所見がなかった健常者成人8名（平均24.8 ± 1.4歳，男4名，女4名）を選択した。

〔実験用PLP〕

実験用PLPとはPLP硬口蓋部とPLP軟口蓋部で構成される軟口蓋挙上装置である（図1）。PLP硬口蓋部は左右の上顎第一および第二大臼歯を鉤歯とし，硬口蓋部の床後縁は左右第二大臼歯後縁にほぼ一致するように作成した床装置の維持を担う部分である。本研究では，長径，幅径が異なる4種の実験用PLP軟口蓋部それぞれのadjustable wireをPLP硬口蓋部に設けた連結スロットに挿入することで，PLP硬口蓋部に装填できるようにした。4種の実験用PLP軟口蓋部それぞれを装填した実験用PLPをPLP（I），PLP（II），PLP（$I_b II_L$），PLP（$I_l II_B$）と称した（図2）。それぞれの実験用PLP軟口蓋部は，長径と幅径を以下のような基準に基づいて作成した。

健常者では/a/発音時に左右の軟口蓋小陥凹を確認するが，これらは連結して後方に向かうループ状の陥凹を形成する。実験用PLP（I）の軟口蓋部の長径と幅径は，長径を触知した口蓋骨後端に相当する粘膜上の点から軟口蓋小陥凹の後縁までの距離，幅径を軟口蓋小陥凹の左右の外側縁間の距離とするもので口蓋裂症例適用モデルの作成法を基本としている。実験用PLP（II）の軟口蓋部は，鼻咽腔内視鏡所見で鼻音発音時に鼻咽腔が閉鎖されるようにPLP（I）の軟口蓋部の後方，側方にソフトプレートワックス（(株)ジーシー）を追加添付した結果，大きくなった部分をレジンに置換して作成したもので，運動障害性構音障害に起因する鼻咽腔閉鎖不全にまず適用するPLPモデルを基本としている。PLP（$I_b II_L$）とPLP（$I_l II_B$）の軟口蓋部は，これらPLP（I）およびPLP（II）より作成した陰型を用いて，PLP（$I_b II_L$）では幅径がPLP（I）軟口蓋部の幅径（b），長径がPLP（II）軟口蓋部の長径（L）と同じになるようにし，PLP（$I_l II_B$）では，長径がPLP（I）軟口蓋部の長径（l），幅径がPLP（II）軟口蓋部の幅径（B）と同じになるように作成した。

実験用PLP（I），PLP（II）装着下での軟口蓋の高さは，鼻咽腔内視鏡を用いて設定した（図3）。すなわち，実験用PLP装着下での安静時の軟口蓋と咽頭後壁との高さにおける位置的関係が，実験用PLP非装着で自発的に可能な最強の力でのblowingを行わせた時の鼻咽腔内視鏡所見に近似するように実験用PLP軟口蓋部の挙上程度を調節し設定した。PLP（$I_b II_L$），PLP（$I_l II_B$）の軟口蓋部の挙上程度は，実験用PLP（II）装着下での安静時の軟口蓋の高さを基本にして，PLP（$I_b II_L$），PLP（$I_l II_B$）のadjustable wireを屈曲してPLP（II）と同様となるように調節し設定した。

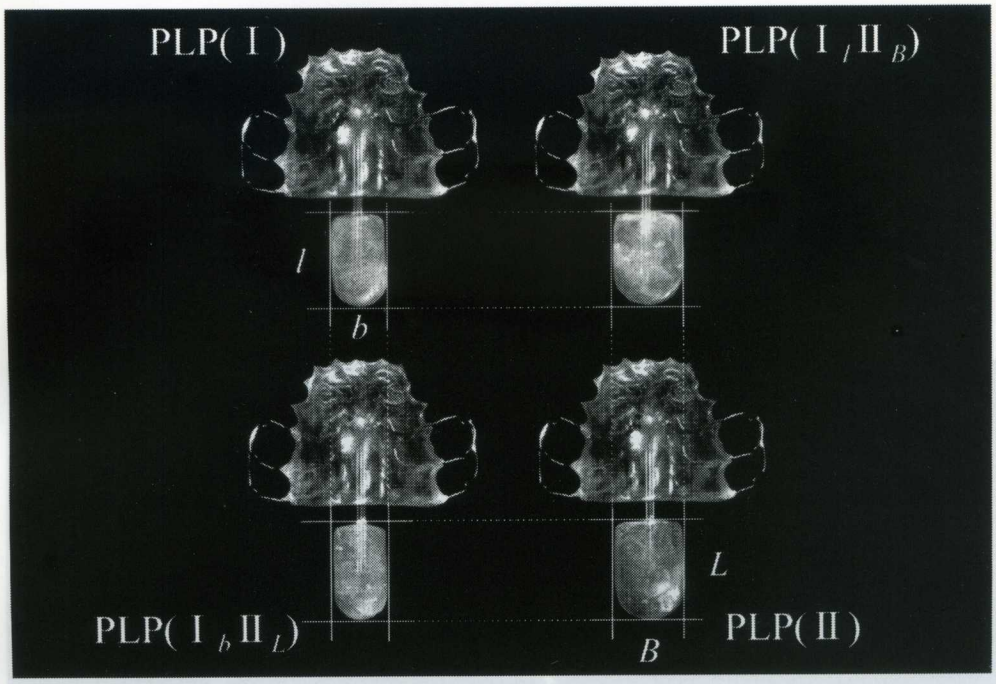

図2　実験用PLP軟口蓋部の長径および幅径。
PLP（I）：長径（*l*）が口蓋骨後端に相当する点から軟口蓋小陥凹の後縁までの距離で，幅径（*b*）が軟口蓋小陥凹の左右の外側縁間の距離に相当するように作成した。PLP（II）：鼻咽腔内視鏡所見で鼻音発音時に鼻咽腔が閉鎖されるように長径（*L*），幅径（*B*）を調整し作成した。PLP（I_bII_L）：幅径がPLP（I）と同じ（*b*）で，長径がPLP（II）と同じ（*L*）とした。PLP（I_lII_B）：長径がPLP（I）と同じ（*l*）で，幅径がPLP（II）と同じ（*B*）とした。

〔口蓋帆挙筋活動〕

口蓋帆挙筋活動は，舘村ら[8,16～20]と同様の方法で採取，記録した。直径90μmのエナメル被覆ステンレス線（BELDEN Co., U.S.A）の先端の被覆を除去し，ステンレス線を2mm露出させ，露出端を皮内注射針（26G × 1/2in.）の先端に向けて挿入し，先端3mmで折り返して有鈎針金電極とした。電極刺入に先立ち，刺入時の疼痛軽減をはかるため，刺入部位にあらかじめ表面麻酔を施した。電極刺入にあたっては，/a/発音を指示し，軟口蓋小陥凹に注射針を外，後，上方に向かって10mmの深さで経口腔的に電極間距離を7mmとなるように二本刺入し，双極誘導で電極を留置した。接地極は右耳朶に設置した。

電極の導線は，語音の表出活動やblowing活動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から口腔外に導出し，頬骨弓上の皮膚に抜去した注射針と共にテープで固定した。電極が実験用PLP軟口蓋部によって実験中に傷害されていないことや，電極が脱離していないことは，原波形の密度が低い単極誘導の様相を示さないことを指標にした。電極どうしが短絡していないことは，短絡によって生じる過大振幅が生じないことを指標にした。

〔実験方法〕

被験者には，足底を接地させ，眼耳平面と床面が平行になるように椅子での座位を指示し，姿勢の変化による口蓋帆挙筋活動への影響[21]が生じないように頭位を一定に保たせた。筋活動の採取は，実験用PLP非装着，PLP（I），PLP（I_bII_L），PLP（I_lII_B），PLP（II）の順に装着した条件で行った。実験用PLP軟口蓋部を交換する際は，実験用PLPを口腔外に撤去して5分間の間隔をおき，その間は鼻呼吸を命じた。

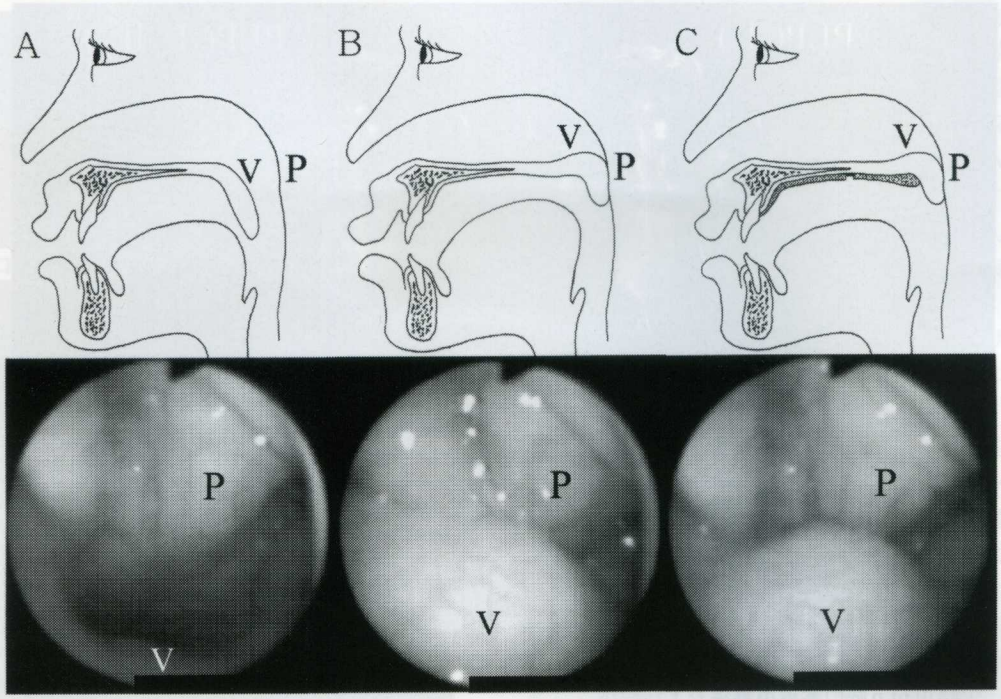

図3　実験用PLP軟口蓋部により挙上される軟口蓋の高さを決定するための調整法。
A：実験用PLP非装着での安静時における軟口蓋矢状断面図と鼻咽腔内視鏡所見：鼻咽腔は開放されている。B：実験用PLP非装着での最強blowing時における矢状断面図と鼻咽腔内視鏡所見：軟口蓋が挙上され，鼻咽腔が閉鎖している。C：PLP（I）装着下での安静時における矢状断面図と鼻咽腔内視鏡所見：軟口蓋と咽頭後壁の高さにおける関係が（B）所見に近似するようにadjustable wireを屈曲して調節した。
P：咽頭後壁。V：軟口蓋鼻腔側粘膜面。

〔被験作業〕

被験作業として，単音節/pɯ/を40回表出させた。電極刺入直後や実験用PLP軟口蓋部の交換後の被験作業は，筋電図の基線が安定した後に開始した。/pɯ/表出間隔は，表出後の基線が安定することを確認した後に次の表出を指示した。

〔発音時口蓋帆挙筋活動の測定〕

本研究での口蓋帆挙筋活動の測定記録装置の模式図を図4に示した。口蓋帆挙筋の筋電図信号は，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3msecで導いた。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，得られた積分筋電図信号をデータコーダ（KS-616，ソニーマグネスケール（株））に保存した。保存した信号をA/D変換器（MacLab/8s，バイオリサーチセンター（株））を用いてサンプリング周波数1kHzでA/D変換した後に，パーソナルコンピュータ（Power Macintosh G4，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。

筋電図の測定は，パーソナルコンピュータ上で波形分析ソフト（Chart ver3.6，バイオリサーチセンター（株））を用いて行った。発音時の筋活動の測定は，/pɯ/発音時の筋電図積分波形の頂点を対象とした。

〔口蓋帆挙筋活動値の変換〕

実験用PLPの装着に伴う口蓋帆挙筋活動の変化を被験者全体として捉えるためには，口蓋帆挙筋活動値の実測値ではなく，共通の基準に基づいた

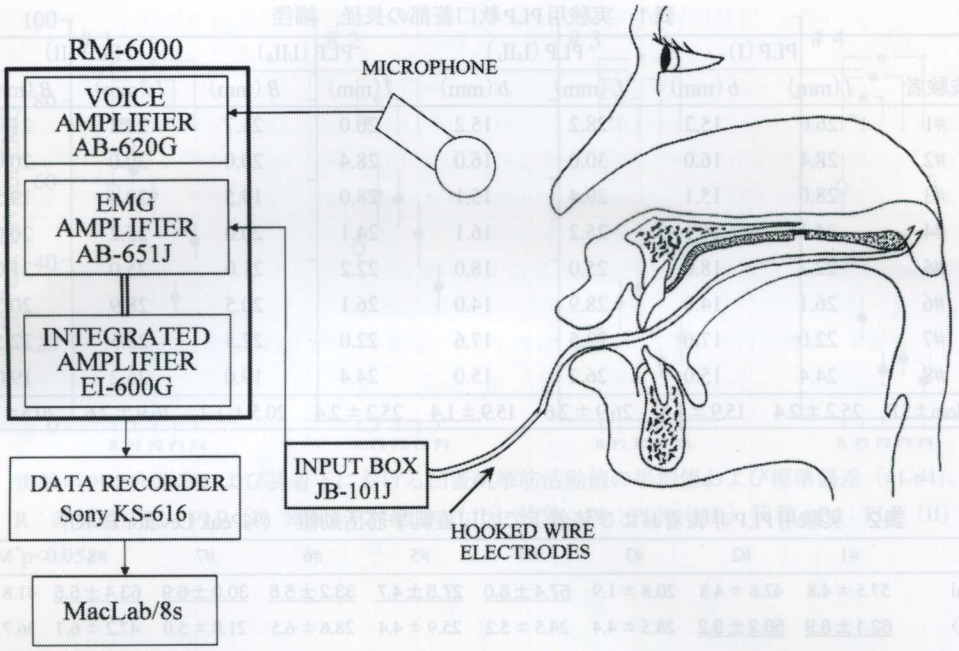

図4　測定記録装置の模式図。

相対値を用いるのが適切である。そこで，発音時の口蓋帆挙筋活動値を被験者毎の最大筋活動値に対する相対値（%Peak Levator EMG値（%））で表すため，本実験用のblowingチューブを用い，基準として最強blowing時の筋活動を採取記録した。blowingチューブの作成は，舘村ら[18~20]の方法に準じた。すなわち，blowingチューブは，長さが35cm, 15cmの長短2本のポリエチレンチューブ（内径1.5mm，外径2.7mm）の長軸を平行かつ開放端が呼気流に対向するように接着して作成した（図5）。長いチューブの一端は差圧トランスデューサー（TP-602T，日本光電（株））に接続し，短いチューブの一端は開放端として口腔内圧測定時に口腔内圧が一定になるようにした。このblowingチューブを吸気の直後に可及的最強の力でblowingさせ，10秒以上維持するよう指示した。口腔内圧曲線は，差圧トランスデューサーの信号を呼吸圧用アンプ（AP-601G，日本光電（株））に導いて得た。最強blowing時の筋活動の測定は，0.2秒毎の筋電図積分波形を対象として，最強blowing開始後に口腔内圧曲線が安定した5秒間について行った。各被験者において，実験用PLP非装着および装着下での最強blowing時の口蓋帆挙筋活動値の最大値を求めた。

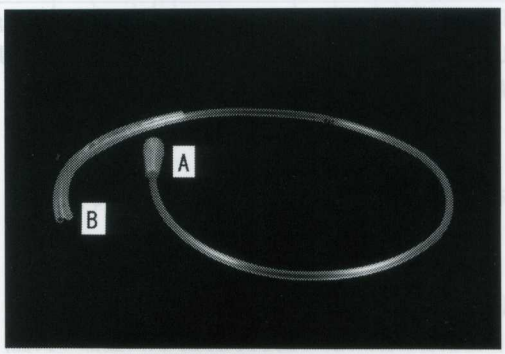

図5　本実験用blowingチューブ。
長さが35cm，15cmの長短2本のポリエチレンチューブ（内径1.5mm，外径2.7mm）の長軸を平行かつ開放端が呼気流に対向するように接着して作成した。
A：トランスデューサーの接続端
B：口腔内挿入端

実験を通じて得られた口蓋帆挙筋活動値の最大値を100%として，全ての口蓋帆挙筋活動値を換算した%Peak Levator EMG値（%）を求め，本研究での口蓋帆挙筋活動値とした。各被験者毎に得られた口蓋帆挙筋活動値を比較する際の二群間の

表1　実験用PLP軟口蓋部の長径，幅径

被験者	PLP (I)		PLP (I_bII_L)		PLP (I_lII_B)		PLP (II)	
	l (mm)	b (mm)	L (mm)	b (mm)	l (mm)	B (mm)	L (mm)	B (mm)
#1	26.0	15.2	28.2	15.2	26.0	21.7	28.2	21.7
#2	28.4	16.0	30.0	16.0	28.4	20.0	30.0	20.0
#3	28.0	15.1	29.4	15.1	28.0	19.5	29.4	19.5
#4	24.1	16.1	25.2	16.1	24.1	20.0	25.2	20.0
#5	22.2	18.0	25.0	18.0	22.2	21.0	25.0	21.0
#6	26.1	14.0	28.9	14.0	26.1	20.5	28.9	20.5
#7	22.0	17.6	22.5	17.6	22.0	22.5	22.5	22.5
#8	24.4	15.0	26.2	15.0	24.4	19.0	26.2	19.0
Mean ± S.D.	25.2 ± 2.4	15.9 ± 1.4	26.9 ± 2.6	15.9 ± 1.4	25.2 ± 2.4	20.5 ± 1.2	26.9 ± 2.6	20.5 ± 1.2

表2　実験用PLP非装着および装着下での口蓋帆挙筋活動値　(%Peak Levator EMG)

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	Mean
Removal	57.5 ± 4.8	42.6 ± 4.8	20.8 ± 1.9	57.4 ± 8.0	27.5 ± 4.7	33.2 ± 5.5	30.0 ± 6.9	63.4 ± 5.5	41.8 ± 16.0
PLP (I)	62.1 ± 8.9	56.2 ± 9.2	28.5 ± 4.4	24.5 ± 5.2	25.9 ± 4.4	28.6 ± 6.5	21.8 ± 5.0	47.2 ± 6.7	36.7 ± 15.9
PLP (I_bII_L)	56.0 ± 4.7	54.6 ± 7.3	32.7 ± 4.9	12.0 ± 4.1	25.2 ± 4.7	25.6 ± 7.8	18.0 ± 4.5	52.1 ± 4.7	34.7 ± 17.6
PLP (I_lII_B)	30.4 ± 4.3	46.3 ± 8.2	14.1 ± 3.4	14.4 ± 7.7	23.2 ± 4.9	26.1 ± 8.2	22.6 ± 6.3	56.6 ± 9.8	29.1 ± 15.7
PLP (II)	44.5 ± 4.9	32.5 ± 6.1	20.5 ± 5.5	9.2 ± 3.8	11.4 ± 6.4	12.0 ± 4.9	16.2 ± 5.8	46.9 ± 6.7	23.8 ± 15.3

口蓋帆挙筋活動値は各被験者における最強blowing時での筋活動値の最大値を100%とした相対値（%Peak Levator EMG値）で表した。数値は口蓋帆挙筋活動値の平均値と標準偏差を示す。各被験者での平均値の最大値を太字と下線，最小値を太字で表す。

有意差の検定は,Welch's t-test（$P<0.05$）で行った。

結　　果

〔実験用PLP軟口蓋部の長径，幅径〕

被験者8名に用いた実験用PLP軟口蓋部の長径，幅径を表1に示した。実験用PLP軟口蓋部の長径の平均値は，PLP（I）軟口蓋部の長径（l），PLP（II）軟口蓋部の長径（L）がそれぞれ25.2 ± 2.4mm，26.9 ± 2.6mmであった。幅径の平均値は，PLP（I）軟口蓋部の幅径（b），PLP（II）軟口蓋部の幅径（B）がそれぞれ15.9 ± 1.4mm, 20.5 ± 1.2mmであった。両者の長径の差の平均値は1.8 ± 0.8mmであり，幅径の差の平均値は4.7 ± 1.3mmであった。

〔実験用PLP非装着および装着下での口蓋帆挙筋活動値〕

実験用PLP非装着での口蓋帆挙筋活動値の平均値は41.8 ± 16.0%であった。PLP（I），PLP（I_bII_L），PLP（I_lII_B），PLP（II）の装着下での口蓋帆挙筋活動値の平均値は，それぞれ，36.7 ± 15.9%，34.7 ± 17.6%，29.1 ± 15.7%，23.8 ± 15.3%であった（表2，図6）。被験者#1では，PLP（I）装着下での口蓋帆挙筋活動値が最も大きく，PLP（I_lII_B）装着下で最も小さかった。被験者#2では，PLP（I）装着下での口蓋帆挙筋活動値が最も大きく，PLP（II）装着下で最も小さかった。被験者#3では，PLP（I_bII_L）装着下での口蓋帆挙筋活動値が最も大きく，PLP（I_lII_B）装着下で最も小さかった。被験者#4，#5，#6，#7，#8では，実験用PLP非装着での口蓋帆挙筋活動値が最も大きく，PLP（II）装着下で最も小さかった。すなわち，被験者#1 ～ #3（37.5%）では，非装着と比較して実験用PLP装着下での口蓋帆挙筋活動値が大きくなる場合があったが，被験者#4 ～ #8（62.5%）では，いずれの実験用PLPであっても装着下での口蓋帆挙筋活動値は非装着より小さくなることが示された。

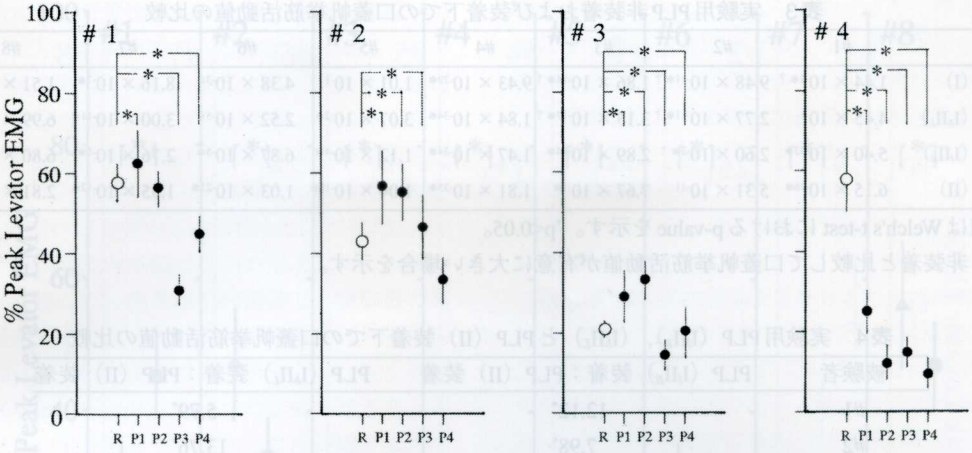

図6-1　実験用PLP非装着および装着下における口蓋帆挙筋活動値の平均値および標準偏差（#1-#4）。
R：非装着。P1：PLP（I）装着。P2：PLP（I_bII_L）装着。P3：PLP（I_lII_B）装着。P4：PLP（II）装着。
*p<0.05。

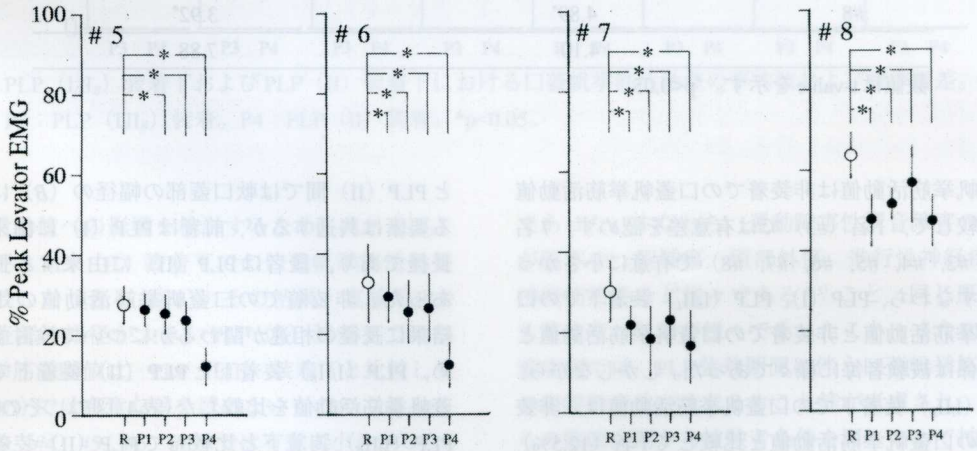

図6-2　実験用PLP非装着および装着下における口蓋帆挙筋活動値の平均値および標準偏差（#5-#8）。
R：非装着。P1：PLP（I）装着。P2：PLP（I_bII_L）装着。P3：PLP（I_lII_B）装着。P4：PLP（II）装着。
*p<0.05。

〔実験用PLP非装着と装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較〕

実験用PLP装着下での口蓋帆挙筋活動値が，非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較して相違するかをそれぞれについて検討するため，PLP（I），PLP（I_bII_L），PLP（I_lII_B），PLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値を非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較した（表3，図6）。PLP（I）装着下での口蓋帆挙筋活動値は非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較して，3名（#1，#2，#3）で有意に大きく，4名（#4，#6，#7，#8）で有意に小さかった。PLP（I_bII_L）装着下での口蓋帆挙筋活動値は非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較して，2名（#2，#3）で有意に大きく，5名（#4，#5，#6，#7，#8）で有意に小さかった。PLP（I_lII_B）装着下での口蓋帆挙筋活動値は非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較して，1名（#2）で有意に大きく，7名（#1，#3，#4，#5，#6，#7，#8）で有意に小さかった。PLP（II）装着下での

表3　実験用PLP非装着および装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
PLP（I）	1.44×10^{-2}*†	9.48×10^{-11}*†	1.86×10^{-14}*†	9.43×10^{-29}*	1.01×10^{-1}	4.38×10^{-3}*	8.16×10^{-7}*	1.51×10^{-17}*
PLP（I_bII_L）	4.45×10^{-1}	2.77×10^{-11}*†	3.15×10^{-17}*†	1.84×10^{-34}*	3.07×10^{-2}*	2.52×10^{-5}*	3.00×10^{-11}*	6.99×10^{-14}*
PLP（I_lII_B）	5.40×10^{-33}*	2.60×10^{-2}*†	2.89×10^{-14}*	1.47×10^{-34}*	1.12×10^{-4}*	6.87×10^{-5}*	2.76×10^{-5}*	6.80×10^{-4}*
PLP（II）	6.15×10^{-16}*	5.31×10^{-11}	7.67×10^{-1}*	1.81×10^{-35}*	1.04×10^{-19}*	1.03×10^{-23}*	1.55×10^{-12}*	2.81×10^{-17}*

数値はWelch's t-testにおけるp-valueを示す。*$p<0.05$。

†：非装着と比較して口蓋帆挙筋活動値が有意に大きい場合を示す。

表4　実験用PLP（I_lII_B），（I_bII_L）とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較

被験者	PLP（I_lII_B）装着：PLP（II）装着	PLP（I_bII_L）装着：PLP（II）装着
#1	-12.12*	5.79*
#2	7.98*	13.76*
#3	-5.78*	9.59*
#4	3.70*	3.15*
#5	9.38*	10.86*
#6	8.84*	8.57*
#7	4.21*	1.35
#8	4.89*	3.92*
	4.10	7.88

数値はt-valueを示す。*$p<0.05$。

口蓋帆挙筋活動値は非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較して，1名（#3）では有意差を認めず，7名（#1，#2，#4，#5，#6，#7，#8）で有意に小さかった。すなわち，PLP（I），PLP（I_bII_L）装着下での口蓋帆挙筋活動値と非装着での口蓋帆挙筋活動値との関係は被験者毎に様々であった。しかしながら，PLP（I_lII_B）装着下での口蓋帆挙筋活動値は，非装着での口蓋帆挙筋活動値と比較して1名（12.5%）で大きくなったものの7名（87.5%）で小さくなっており，この傾向は，PLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値と非装着での口蓋帆挙筋活動値の関係にも見られた。

実験用PLP非装着とPLP（I_lII_B）装着下での口蓋帆挙筋活動値の変化，および実験用PLP非装着とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の変化から，実験用PLP軟口蓋部の幅径が大きいと口蓋帆挙筋活動値に影響を及ぼす可能性が伺われた。

〔実験用PLP軟口蓋部の長径変化と口蓋帆挙筋活動値〕

PLP（I_lII_B）とPLP（II）装着下では，口蓋帆挙筋活動値が小さくなる傾向が伺えた。PLP（I_lII_B）とPLP（II）間では軟口蓋部の幅径の（B）に関する要素は共通するが，前者はPLP（I）に由来する長径であり，後者はPLP（II）に由来する長径であった。非装着での口蓋帆挙筋活動値の比較の結果に長径の相違が関わるかについて検討するため，PLP（I_lII_B）装着下とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値を比較した（表4，図7）。その結果，PLP（I_lII_B）装着下と比較してPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値は，2名（#1，#3）では有意に大きく，6名（#2，#4，#5，#6，#7，#8）では有意に小さかった。

しかしながら，実際に適用された両者の長径の平均値の比較ではPLP（I_lII_B）は25.2 ± 2.4mm，PLP（II）は26.9 ± 2.6mmであり，統計学的には両者の長径に差違はない。すなわち，PLP（I_lII_B）とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の変化には，軟口蓋部の幅径が大きいことによる影響が強いことが示された。

〔実験用PLP軟口蓋部の幅径変化と口蓋帆挙筋活動値〕

実験用PLP軟口蓋部の幅径の相違による口蓋帆

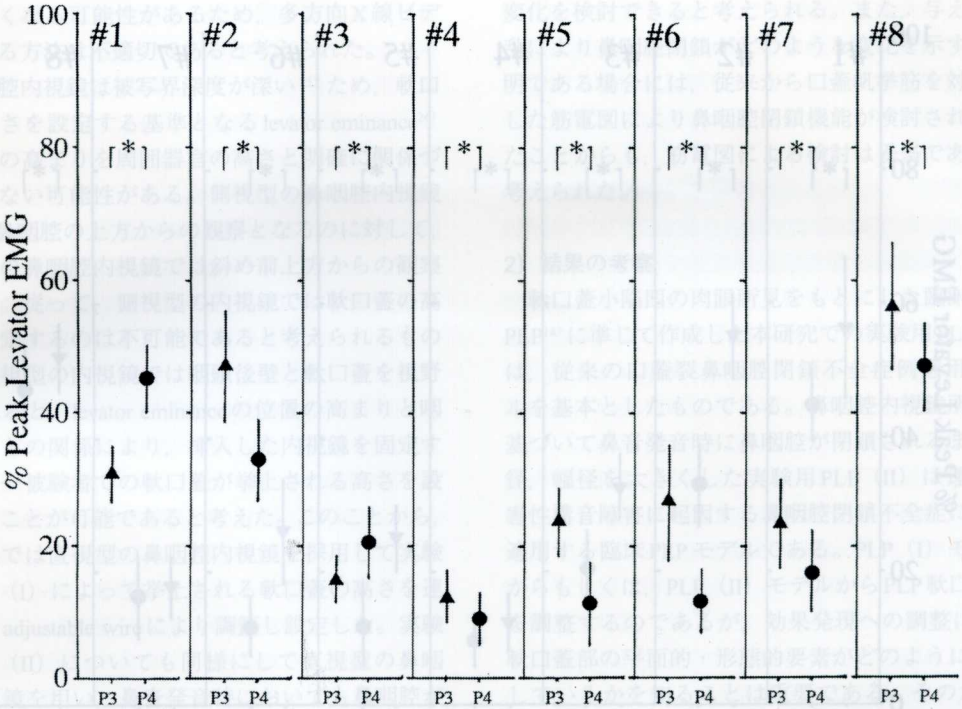

図7　PLP（I_bII_B）装着下およびPLP（II）装着下における口蓋帆挙筋活動値の平均値および標準偏差。
P3：PLP（I_bII_B）装着。P4：PLP（II）装着。*$p<0.05$。

挙筋活動値への影響を検討するため，PLP（I_bII_L）装着下とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値を比較した（表4，図8）。その結果，実験用PLP軟口蓋部の幅径が大きいPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値は，PLP（I_bII_L）装着下と比較して1名（#7）では有意な差を認めないものの，7名（#1，#2，#3，#4，#5，#6，#8）では有意に小さかった。すなわち，PLP（I_bII_L）より幅径が4.7±1.3mm大きい実験用PLP軟口蓋部を有するPLP（II）装着下では，PLP（I_bII_L）装着下より口蓋帆挙筋活動値が小さいことが示された。この結果は，実験用PLP軟口蓋部の幅径の変化が口蓋帆挙筋活動値に及ぼす影響が大きいことを示している。

考　　察

1）方法の考察

本研究の被験対象に関しては，共通した原因による運動障害性構音障害症例を対象にするべきであると考えられたが，以下の理由から大阪大学歯学部附属病院顎口腔機能治療部での運動障害性構音障害症例から被験対象者を抽出することは困難であった。すなわち，運動障害性構音障害の原因が脳卒中，脳腫瘍，頭部外傷，進行性神経疾患，神経筋疾患など様々である[4,5]こと，同じ原因でも重症度，年齢が様々であったこと，またPLP装着症例では，PLP装着期間に伴う口蓋帆挙筋活動の経時的変化が生じる[8]こと等が考慮され，これらの臨床症例から被験者条件を同一にして抽出することが困難と考えられた。そこで本研究では，これらの疾患を有する患者での軟口蓋の解剖学的所見は健常者と同じであると考えて，被験対象を健常者とした。

予備実験で使用したPLPは，当部で従来から口蓋裂症例での鼻咽腔閉鎖不全症例に採用している作成法[14]に基づき，PLP硬口蓋部とPLP軟口蓋部の連結部（adjustable wire）をレジンで硬固に固定していた。その結果，健常被験者の中には嚥下時の疼痛を含む違和感を訴える場合や嚥下運動に伴ってPLPの脱離を認める場合もあった。このような現象は，実験を一定の条件で遂行するうえで障害になることが考えられた。

このような違和感は安静時の軟口蓋の重量に対

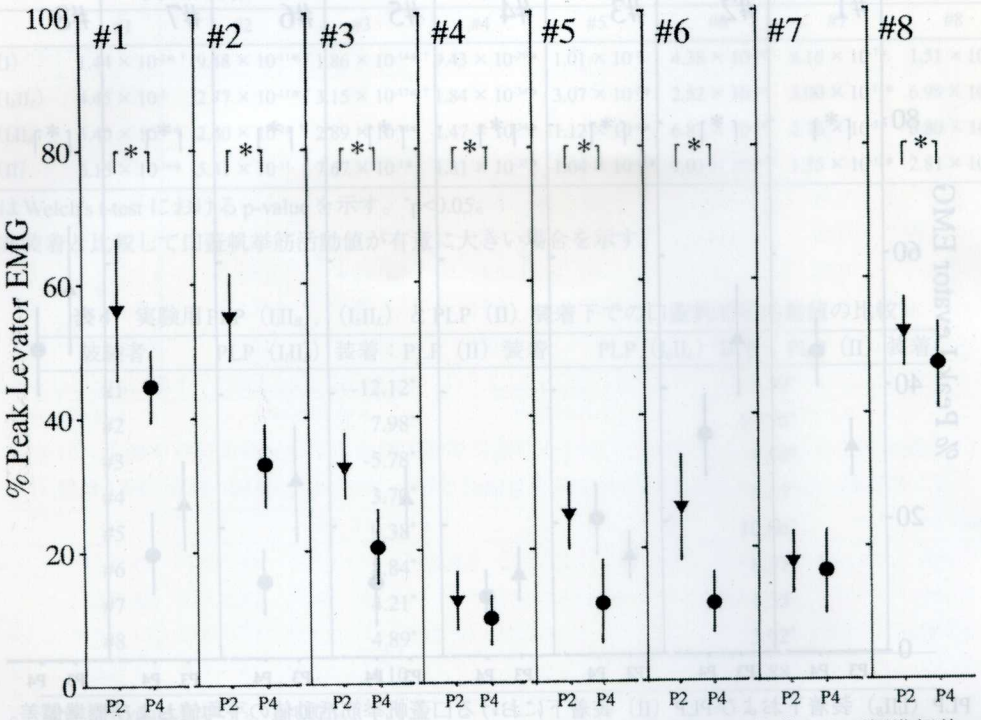

図8　PLP（I_bII_L）装着下およびPLP（II）装着下における口蓋帆挙筋活動値の平均値および標準偏差。
P2：PLP（I_bII_L）装着。P4：PLP（II）装着。*$p<0.05$。

するPLP軟口蓋部による上方への抗力によると思われ，嚥下時の脱離は，軟口蓋と舌が接触する際の口蓋舌筋活動により，軟口蓋を下垂する力が働くことによると考えられた。これらは連結部を固定したことにより，PLP軟口蓋部に加わる下方への応力が緩衝できないことが原因と考えられたため，adjustable wireを露出した状態にして軟口蓋の重量に対する軟口蓋への抗力，軟口蓋を下垂する力を緩衝した。

臨床使用されるPLP装置は，発音時に鼻咽腔が完全閉鎖することを目的としている。そのため，PLP軟口蓋部により挙上する軟口蓋の高さは，発音時での鼻咽腔閉鎖レベルである口蓋平面としている[14]。本研究での被験対象は健常者である。健常者では口蓋帆挙筋の最大筋活動は最強blowing時に示される[19,20,22,23]ことから，最強blowing時の軟口蓋挙上の高さは発音時より高いことが考えられる。本研究では，それぞれの実験用PLP装着下の発音時に，軟口蓋がどこまで挙上されるか不明であった。装着下での発音時に非装着での発音時より軟口蓋が高く挙上されることがあるならば，口蓋平面より高く挙上されることになる。その場合，実験用PLP軟口蓋部による挙上を口蓋平面までに設定すると，軟口蓋が上下方向に離れた状態での筋活動を要する。本研究では実験用PLP軟口蓋部の前後，左右の平面的・形態的要素の相違による筋活動を検討するため，実験用PLP軟口蓋部による挙上の条件を一定にする必要があると考えた。そのためには，実験用PLP装着下での発音時に軟口蓋が実験用PLP軟口蓋部から離れないようにする必要があった。そこで実験用PLPによって挙上される軟口蓋の高さを最強blowing時に到達する高さにすることにより，発音時に軟口蓋が実験用PLP軟口蓋部から離れることがないようにした。

実験用PLPによって挙上される軟口蓋の高さの確認には，側方頭部規格化X線写真に準じた多方向X線ビデオ[24]を用いることが考えられた。しかしながら，非装着での最強blowing活動の際，および調節中の実験用PLPを装着して挙上される軟口蓋の高さを確認する行程を繰り返す毎に被曝線

量が多くなる可能性があるため，多方向X線ビデオによる方法は不適切であると考えられた。

鼻咽腔内視鏡は被写界深度が深い[25]ため，軟口蓋の高さを設定する基準となるlevator eminance[26]の位置の高まりを周囲器官の高さと明確に関係づけられない可能性がある。側視型の鼻咽腔内視鏡では，鼻咽腔の上方からの観察となるのに対して，直視型の鼻咽腔内視鏡では斜め前上方からの観察となる。従って，側視型の内視鏡では軟口蓋の高さを設定するのは不可能であると考えられるものの，直視型の内視鏡では咽頭後壁と軟口蓋を視野に入れると，levator eminanceの位置の高まりと咽頭後壁との関係により，挿入した内視鏡を固定すると同一被験者での軟口蓋が挙上される高さを設定することが可能であると考えた。このことから，本研究では直視型の鼻咽腔内視鏡を採用して実験用PLP（I）によって挙上される軟口蓋の高さを連結部のadjustable wireにより調節し設定した。実験用PLP（II）についても同様にして直視型の鼻咽腔内視鏡を用い，鼻音発音時においても鼻咽腔が閉鎖するようにした。

本研究では，健常者を対象に実験用PLPを装着させ，発音時の鼻咽腔閉鎖機能の調節様相の変化を検討した。健常者では，実験用PLPの装着，および非装着に関わらず，/pɯ/発音時に鼻咽腔が閉鎖する。また，PLP（II）装着下では，安静時，および/pɯ/発音時ともに鼻咽腔が閉鎖する。そのため，/pɯ/発音時における実験用PLPの装着と非装着，およびPLP（II）装着下での安静時と/pɯ/発音時の視覚的な変化はほとんど認められない。これらのことから，従来の鼻咽腔閉鎖機能の評価法であるX線検査[24,26,27]，空気力学的手法による検査[28]，内視鏡検査[29]，CT検査[30]，MRI検査[31,32]では，/pɯ/発音時における実験用PLP装着と非装着，およびPLP（II）装着下での安静時と/pɯ/発音時の相違は検出できない。鼻咽腔閉鎖圧測定による鼻咽腔閉鎖機能の評価[33,34]では，実験用PLPにより鼻咽腔が狭小化されると，鼻咽腔に挿入したセンサーが軟組織に圧迫されることで安静時にも値が生じることが考えられる。PLP（II）では，安静時にも鼻咽腔が閉鎖されるため，センサーが挿入できないことも考えられた。

筋電図[8,16～23,33～36]は，筋の等張性収縮のみでなく等尺性収縮による活動も評価できるため，視覚的に器官運動が認められない場合での調節様相の変化を検討できると考えられる。また，与えた外乱により鼻咽腔閉鎖がどのような変化を示すか不明である場合には，従来から口蓋帆挙筋を対象とした筋電図により鼻咽腔閉鎖機能が検討されてきたことからも，筋電図による検討は妥当であると考えられた。

2）結果の考察

軟口蓋小陥凹の肉眼所見をもとにした臨床でのPLP[14]に準じて作成した本研究での実験用PLP（I）は，従来の口蓋裂鼻咽腔閉鎖不全症例適用モデルを基本としたものである。鼻咽腔内視鏡所見に基づいて鼻音発音時に鼻咽腔が閉鎖されるまで長径，幅径を大きくした実験用PLP（II）は運動障害性構音障害に起因する鼻咽腔閉鎖不全症にまず適用する臨床PLPモデルである。PLP（I）モデルからもしくは，PLP（II）モデルからPLP軟口蓋部を調整するのであるが，効果発現への調整にPLP軟口蓋部の平面的・形態的要素がどのように関係しているかを知ることは重要である。そのため，PLP（I）とPLP（II）の長径，幅径の組み合わせであるPLP（$I_l II_B$），PLP（$I_b II_L$）を設定した。このようにして作成した実験用PLP非装着と装着下での口蓋帆挙筋活動値の関係を検討した。その結果，PLP（I），PLP（$I_b II_L$），PLP（$I_l II_B$）装着下では，口蓋帆挙筋活動値が小さくなる様相を呈したものの，被験者によっては非装着と比較して口蓋帆挙筋活動値が大きくなる場合があった。一方PLP(II)装着下の口蓋帆挙筋活動値は全ての被験者に共通して小さかった。

鼻咽腔閉鎖機能は，共鳴[37]や空気力学的要素[22,33,38,39]の変化に影響されることが知られている。本研究では，被験対象が健常者であり，実験用PLPの装着，非装着に関わらず共鳴の異常はない。空気力学的要素についても同様に，実験用PLPの装着，非装着に関わらず鼻咽腔の完全閉鎖が可能であるため，装着による空気力学的要素の変化はないと考えられる。そのため，口蓋帆挙筋活動値が小さくなった原因として共鳴や空気力学的要素の影響は考え難い。

舘村ら[19,20]は，健常者に実験用PLPを装着し軟口蓋を挙上すると，全ての被験者で非装着より発音時の口蓋帆挙筋活動値が小さくなることを報告した。このことは，軟口蓋の挙上により上下方向の運動量を低減することで，口蓋帆挙筋活動値

が小さくなることを示している。すなわち，本研究での実験用PLP装着下での口蓋帆挙筋活動値が非装着での値より小さくなる原因として，実験用PLP軟口蓋部によって軟口蓋を挙上することの影響が考えられる。

本研究では，PLP（I）装着下では3名，PLP（$I_b II_L$）装着下では2名，PLP（$I_l II_B$）装着下では1名非装着より口蓋帆挙筋活動値が大きくなり，全ての被験者で実験用PLP装着下での口蓋帆挙筋活動値が小さくなる舘村ら[19,20]の結果と異なっていた。最強blowing時の口蓋帆挙筋活動を基準にした発音時の口蓋帆挙筋活動は，健常者では小さいものの鼻咽腔閉鎖不全症例では大きくなる[23]。このことは，鼻咽腔閉鎖不全症例では，発音時に鼻咽腔が完全閉鎖に到達し得ないため，鼻咽腔を閉鎖するために可及的に大きな活動を必要としている[16～18]ことを示している。すなわち，実験用PLP装着下に口蓋帆挙筋活動値が大きくなるのは，実験用PLP装着下に鼻咽腔閉鎖が抑制されて完全閉鎖に到達されにくいようになっているためではないかと考えられる。

本研究では，舘村ら[19,20]の実験用PLPとは異なり，実験用PLP軟口蓋部は最強blowing時に軟口蓋が到達する高さまで軟口蓋を挙上していた。健常者での発音時の軟口蓋は口蓋平面を中心とする高さまで挙上し，blowing時では口蓋平面より高く挙上される[40]。そのため本研究では，実験用PLP装着下での軟口蓋は非装着での発音時よりも高く挙上されていた。Moonら[41]は，発音時の軟口蓋の高さが個人毎に口蓋平面を中心とする固有の高さで学習されていることを，口蓋舌筋，口蓋帆挙筋，口蓋咽頭筋の筋活動と軟口蓋の位置をもとに明らかにした。このことは，実験用PLP装着下で本来の発音時の軟口蓋の位置で発音させるには，軟口蓋を下方へ下げることが必要となることを伺わせる。軟口蓋を下方へ下げる筋としては口蓋舌筋，口蓋咽頭筋が考えられる。Moonらのモデルに従うと，これらの筋活動が上昇した場合には，口蓋帆挙筋の活動が上昇する場合があると考えられる。本研究では口蓋舌筋，口蓋咽頭筋の活動は検討していないため，実験用PLP装着下での口蓋舌筋，口蓋帆挙筋，口蓋咽頭筋の活動の相互の関係については今後の研究課題であると思われる。

本研究での実験用PLPの粘膜面の形状は，軟口蓋小陥凹部を挙上するように作成した結果，健常者での軟口蓋小陥凹部の形状の特徴に応じて半球状となった。この半球状の実験用PLP軟口蓋部先端の形状を変化させずにadjustable wireを屈曲することで，最強blowing時に到達する高さまで軟口蓋を挙上した。最強blowing時と発音時で軟口蓋が挙上する高さが著しく異なる被験者では，発音時に半球状の実験用PLP軟口蓋部先端の前方の傾斜が大きくなる。Simpsonら[42]は，軟口蓋運動時に軟口蓋は後方へ伸展される（velar stretch）ことを報告した。口蓋帆挙筋は左右側が軟口蓋正中部で結合して輪状になっている[43]。口蓋帆挙筋は頭蓋底の側頭骨錐体部に起始し，耳管隆起の高さ[44]すなわち口蓋平面の高さで咽頭側壁を前方へ走行して軟口蓋に終始する[45]ことから，健常者でのvelar stretchは，輪状の口蓋帆挙筋の活動によるものと考えられる。すなわち，最強blowing時と発音時で軟口蓋が挙上する高さが著しく異なる被験者では，半球状の実験用PLP軟口蓋部先端が輪状の口蓋帆挙筋の収縮の妨げとなることで，口蓋帆挙筋活動値が大きくなる場合があったと考えられる。

本研究では発音時と最強blowing時での軟口蓋が挙上される高さの相違については検討していない。実験用PLP軟口蓋部による軟口蓋挙上の高さの影響により口蓋帆挙筋活動値が大きくなる場合があることから，PLP軟口蓋部の高さを決定する上では，発音時と最強blowing時に到達する軟口蓋の高さを検討することが重要であると思われる。

本研究で，PLP（$I_l II_B$）装着下とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較，PLP（$I_b II_L$）装着下とPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較を行うことで，実験用PLP軟口蓋部の長径と幅径のいずれの変化が口蓋帆挙筋活動値に影響を及ぼすかを検討した。その結果，長径の変化よりも幅径の変化が口蓋帆挙筋活動値に影響することが示された。

軟口蓋小陥凹は口蓋帆挙筋を牽引することで生じること[46]から，軟口蓋小陥凹は口腔側からの口蓋帆挙筋の走行の指標になると考えられる。本研究での実験用PLP（I）軟口蓋部の長径と幅径は，軟口蓋小陥凹の形状を基準に設定している。実験用PLP（II），PLP（$I_l II_B$），PLP（$I_b II_L$）の軟口蓋部の長径と幅径はPLP（I）の軟口蓋部の長径，幅径より大きい。そのため，全ての実験用PLP軟口蓋部は輪状の口蓋帆挙筋が走行している部位を挙上していると考えられる。口蓋帆挙筋の軟口蓋で

の走行は左右方向であるため，実験用PLP装着による安静時の口蓋帆挙筋の挙上程度は，PLP（I）の軟口蓋部から長径のみを大きくしても変化しないと考えられる。実験用PLP軟口蓋部の幅径を大きくした場合は，軟口蓋での口蓋帆挙筋の走行に沿って口蓋帆挙筋の挙上程度が増大すると考えられる。すなわち，実験用PLP軟口蓋部の幅径を大きくした場合は，口蓋帆挙筋の挙上程度が増大して上下方向の運動量が低減されることで筋活動値が小さくなったと考えられた。

本研究でのPLP（I）は，舘村ら[19,20]の健常者における実験用PLP軟口蓋部の長径，幅径の設定基準と同様であったのにも関わらず，挙上される軟口蓋の高さが異なることで口蓋帆挙筋活動値が上昇する場合があった。PLP軟口蓋部の幅径を大きくすることで口蓋帆挙筋活動値が小さくなることから，PLP軟口蓋部により挙上する軟口蓋の高さに加えて，PLP軟口蓋部の幅径の調節が重要な要素であると思われる。

結　論

長径，幅径を相違させた4種のPLP軟口蓋部を有する実験用PLP（I），PLP（$I_b II_L$），PLP（$I_l II_B$），PLP（II）を作成した。すなわち，PLP（I）とPLP（II）とは異なる条件下で設定された軟口蓋部を具備するが，他の2種は両者の長径および幅径のいずれかを共有するものである。健常者8名を被験対象とし，これらの実験用PLP非装着，装着下での口蓋帆挙筋活動値について検討した結果は以下のとおりであった。

1. 実験用PLP非装着と比較して，装着下では37.5%の被験者で口蓋帆挙筋活動値が大きくなる場合もあったが，62.5%の被験者で小さくなることが示された。
2. 実験用PLP非装着と装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較では，PLP（I）とPLP（$I_b II_L$）では被験者毎に様々であったが，PLP（$I_l II_B$）装着下での口蓋帆挙筋活動値は87.5%の被験者で小さく，PLP（II）装着下でも同様の傾向がみられた。
3. 実験用PLP（$I_l II_B$）およびPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較から，PLP軟口蓋部の幅径がPLP（II）と同じ場合には，長径よりも幅径要素が口蓋帆挙筋活動値に影響を及ぼすことが示された。
4. 実験用PLP（$I_b II_L$）およびPLP（II）装着下での口蓋帆挙筋活動値の比較では，口蓋帆挙筋活動値に実験用PLP軟口蓋部の幅径の変化の影響が大きいことが示された。

以上のことは，運動障害性構音障害で鼻咽腔閉鎖不全を呈する症例に適用されるPLP軟口蓋部の形態は，鼻咽腔内視鏡検査と筋電図検査を行い設定する必要があることを示している。また，このような症例では，PLP軟口蓋部による挙上の高さが最強blowing時に到達する高さに設定されると軟口蓋運動が妨げられる可能性があることが示された。実験用PLP軟口蓋部の幅径の調節により口蓋帆挙筋活動値が小さくなることにより，臨床で用いられるPLP軟口蓋部についても幅径の調節が重要であることが示唆された。

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高次脳口腔機能学講座　和田　健教授に深甚なる謝意を表します。本研究のテーマを与えられ，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，平田創一郎博士，野原幹司博士，ならびに教室員各位に厚く御礼を申し上げます。

文　献

1）島崎修次，他（1999）：救急医療における最近の進歩．日外会誌，100，413-465，平成11.
2）長谷川慧重，他（2001）：生活習慣病対策；「国民衛生の動向」．48，財団法人　厚生統計協会，東京，92-100，平成13.
3）鈴木一夫，浅野令子（1993）：日本における脳血管障害の疫学動向．日本臨床，51巻増刊号（上），20-29，平成5.
4）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；言語聴覚士のための運動障害性構音障害学．第一版第二刷，医歯薬出版，東京，2-15，平成13.
5）山崎美智子（2002）：病院における運動性構音障害について；運動性構音障害．第一刷，共同医書出版社，東京，1-9，平成14.

6) 朝倉哲彦，他（1998）：失語症全国実態調査報告．失語症研究，18，333-344，平成10.

7) Yorkston,K.M.（1996）：Treatment efficacy: Dysarthria. *J. Speech Hear. Res.*, 39, S46-S57.

8) 舘村　卓，高　英保，米田真弓，原　久永，和田　健，米山　榮，林　佳世（1998）：軟口蓋挙上装置による脳卒中症例における鼻咽腔閉鎖機能の改善．音声言語医学，39，16-23，平成10.

9) Gonzalez, J.B., Aronson, A.E.（1970）：Palatal lift prosthesis for treatment of anatomic and neurologic palatopharyngeal insufficiency. *Cleft Palate J.*, 7, 91-104.

10) LaVelle, W.E., Hardy, J.C.（1979）：Palatal lift prosthesis for treatment of palatopharyngeal incompetence. *J. Prosth. Dent.*, 42, 308-315.

11) Hardy, J.C., Netsell, R., Schweiger, J.W., Morris, H.L.（1969）：Management of velopharyngeal dysfunction in cerebral palsy. J. Speech Hear. *Disord.*, 34, 123-137.

12) 道　健一，山下夕香里，今井智子，有澤　康，鈴木規子（1988）：後天性運動障害性構音障害に対する軟口蓋挙上装置（Palatal lift prosthesis）の使用経験．音声言語医学，29，239-255，昭和63.

13) Darley, F.L., Aronson, A.E., Brown, J.R.（1975）：発話運動障害の言語治療；運動性構音障害．（柴田貞雄訳）．1版，医歯薬出版，東京，181-192，昭和57.

14) 舘村　卓，和田　健（1988）：栓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.

15) 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.

16) 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挙筋活動の変化．日口蓋誌，22，24-31，平成9.

17) Tachimura,T., Nohara,K., 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.

18) 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.

19) 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―健常者での軟口蓋挙上に伴う口蓋帆挙筋活動領域の変化―．音声言語医学，40，114-119，平成11.

20) Tachimura,T., Nohara,K., Fujita,Y., Hara,H., Wada,T.（2001）：Change in levator 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.

21) 原　久永，舘村　卓，和田　健（2000）：頭位の変化が口蓋帆挙筋活動に与える影響について－軽度鼻咽腔閉鎖不全症例について－．日口蓋誌，25，233-238，平成12.

22) Kuehn, D.P., Moon, J.B.（1994）：Levator veli palatini muscle activity in relation to intraoral air pressure variation. *J. Speech Hear. Res.*, 37, 1260-1270.

23) 高　英保（1998）：スピーチエイド装着による口蓋帆挙筋活動の変化に関する筋電図学的研究．阪大歯学誌，43，1-36，平成10.

24) Shprintzen, R.J., Lencione, R.M., McCall, G.N., Skolnick, M.L.（1974）：A three dimensional cinefluoroscopic analysis of velopharyngeal closure during speech and nonspeech activities in normals. *Cleft Palate J.*, 11, 412-428.

25) McWilliams, B.J., Morris, H.L., Shelton, R.L.（1995）：分析機器による鼻咽腔閉鎖機能の評価；CLEFT PALATE SPEECH, ED. 2. 口蓋裂―言語障害の病理・診断・治療．（和田　健，舘村　卓訳）．1版，医歯薬出版，東京，171-205，平成7.

26) Shprintzen, R.J., McCall, G.N., Skolnick, M.L., Lencione, R.M.（1975）：Selective movement of the lateral aspects of the pharyngeal walls during velopharyngeal closure for speech, blowing, and whistling in normals. *Cleft Palate J.*, 12, 51-58.

27) Zwitman, D.H., Gyepes, M.T., Ward, P.H.（1976）：Assessment of velar and lateral wall movement by oral telescope and radiographic examination in patients with velopharyngeal inadequacy and in normal subjects. *J. Speech Hear. Disord.*, 41, 381-389.

28) Warren,D.W., DuBOIS,A.B.（1964）：A pressure-flow technique for measuring velopharyngeal orifice area during continuous speech. Cleft Palate J.，1，52-71.

29) 菅井敏郎（1985）：内視鏡による鼻咽腔閉鎖運動と構音の適時性に関する研究．日口蓋誌，10，101-129，昭和60.

30) Moon, J.B., Smith, W.L.（1987）：Application of cine computed tomography to the assessment of velopharyngeal form and function. *Cleft Palate J.*, 24, 226-232.

31) Kuehn, D.P., Ettema, S.L., Goldwasser, M.S., Barkmeier, J.C., Wachtel, J.M.（2001）：Magnetic resonance imaging in evaluation of occult submucous cleft palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 38, 421-431.

32) Ettema, S.L., Kuehn, D.P., Perlman, A.L., Alperin. N.（2002）：Magnetic resonace imaging of the levator veli palatini Muscle during speech. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 39, 130-144.

33) 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.

34) Kuehn,D.P., Moon,J.B.（1998）：Velopharyngeal closure force and levator veli palatini activation levels in varying phonetic contexts. *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 41, 51-62.

35) Fritzell, B.（1969）：The velopharyngeal muscles in speech. An electromyographic and cineradiographic study. *Acta Otolaryngol, Suppl.* 250, 1-81.

36) Kuehn, D.P., 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, 376-381.

37) Garber, S.R., Moller, K.T.（1979）：The effects of feedback filtering on nasalization in normal and hypernasal speakers. *J. Speech Hear.Res.*, 22, 321-333.

38) 舘村　卓（1985）：鼻音化母音発音時の鼻咽腔閉鎖運動に対する鼻腔内圧の影響．阪大歯学誌，30，28-59，昭和60.

39) 原　久永（1994）：口蓋裂術後患者の口蓋帆挙筋活動におよぼす鼻腔気流量ならびに口腔内圧の効果に関する研究―スピーチエイド装着症例における検討―．阪大歯学誌，39，156-176，平成6.

40) Moll, K.L.（1965）：A cinefluorographic study of velopharyngeal function in normals during various activities. *Cleft Palate J.*, 2, 112-122.

41) Moon, J.B., Smith, A.E., Forkins, J.W., Lemke, J.H., Gartlan, M.（1994）：Cordination of velopharyngeal muscle activity during positioning of the soft palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 31, 45-55.

42) Simpson,R.K., Austin,A.A.（1972）：A cephalometric investigation of velar stretch. *Cleft Palate J.*, 9, 341-351.

43) Perterson-Falzone, S.J., HardinJone,M.A., Karnell,M.P.（2001）：Anatomy and physiology of the velopharyngeal system；CLEFT PLATE SPEECH. ED. 3. Mosby, Saint Louis, 69-86.

44) Dickson, D.R., Dickson, W.M.（1972）：Velopharyngeal anatomy. *J. Speech Hear. Res.*, 15, 372-381.

45) McWilliams, B.J., Morris, H.L., Shelton, R.L.（1995）：鼻咽腔閉鎖機能の本態；CLEFT PALATE SPEECH. ED.2. 口蓋裂　―言語障害の病理・診断・治療．（和田　健，舘村　卓訳）．1版，医歯薬出版，東京，207-248，平成7.

46) Boorman, J.G., Sommerlad, B.C.（1985）：Levator palatine and palatal dimples ; their anatomy, relationship and clinical significance. *British Journal of Plastic Surgery*, 38, 326-332.