原著論文

前方部口蓋形態が発音運動に及ぼす影響について

第1報 上顎中切歯部呼気圧との関連

森川 葉子 市川 哲雄 松本 直之

Influence of Anterior Palatal Form on Speech

Part 1 Relationship to Intraoral Air Pressure

Youko Morikawa, Tetsuo Ichikawa and Naoyuki Matsumoto

Abstract : The purpose of this study was to investigate the influence of anterior palatal form on air pressure during the production of /sa/, /si/, /ta/ and /ci/. The subjects used were 5 male 3 female edentulous patients, which were native Japanese speakers. Each experimental maxillary denture was fabricated and four experimental thicknesses were defined as a function of alteration in the anterior palatal counter of complete denture. The tip of aluminum tube was placed in artificial incisor teeth and the other tip was connected to a differential micropressure transducer. Air pressure and the speech signal were recorded by a digital data recorder during speech production.

The results were as follows :

1. Air pressure signal in each sound was characterized by the number of peaks and the time relationship to speech signals.
2. The anterior palatal form of complete denture had little influence on the time relationship between the peak of air pressure and speech signals.
3. The peak value of air pressure ranged between 100 and 700 Pa in /sa/, 100 and 500 Pa in /si/, 50 and 600 Pa in /ta/, and 50 and 700 Pa in /ci/. The peak values of air pressure were different among the subjects. Four experimental anterior palatal forms significantly affected peak values of air pressure (ANOVA, $p < 0.05$).

It was concluded that the anterior palatal form of complete denture affected the air pressure flown out from the upper central incisors.

Key words : anterior palatal form, air pressure, speech signal, pronunciation

I. 緒 言

全部床義歯は、歯槽部、口蓋などの調音点を覆い、かつ、失われた歯列、歯槽部などを再構築して声道の一部を

構成している¹⁾。したがって、全部床義歯の口蓋形態、特に調音点が多く存在する口蓋前方部の形態は、発音運動にとって非常に重要な部位であり、中でも義歯装着によって障害が生じやすいサ、シ、タ、チ^{2~4)}の調音は、S隆起部での呼気の調整が重要な役割を果たしている^{5,6)}。従来、発音時の呼気の測定は、口蓋裂などの鼻咽腔閉鎖不全の指標として調査されている^{7~9)}が、全部床義歯の形態的な変化と呼気との関連について研究した報告はない。

著者らは、発音時の上顎中切歯部より流出する呼気圧を直接測定できる方法を考案し、これを用いて上顎全部床義

徳島大学歯学部歯科補綴学第一講座（主任：松本直之教授）
Department of Removable Prosthodontics, The University of
Tokushima, School of Dentistry (Chief : Prof. Naoyuki Matsumoto)

平成8年11月29日受付

歯の前方部口蓋形態を段階的に変化させた時の発音時の呼気圧を測定し、前方部口蓋形態が発音運動に及ぼす影響について調査した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、徳島大学歯学部附属病院第一補綴科にて上下全部床義歯を製作した予後良好な男性5名（以下、A～Eとする）と、女性3名（以下、F～Hとする）、合計8名である。年齢は男性は67～78歳（平均年齢72.2歳）、女性71～72歳（平均年齢71.7歳）である。

2. 実験用義歯と発音時呼気圧の測定

実験用義歯は、各被験者の上顎義歯を複製後、そのS隆起部を前歯口蓋側の歯頸部から口蓋最深部までを移行的に削除し、原型とした。次いで、S隆起部に張りつける口蓋板、すなわち中切歯口蓋側歯頸部からS隆起変曲点までの距離（以下、DSと略す）が3、6、9 mmの3種類のアタッチメントを即時重合レジンで作製した（以下、DS=0、3、6、9 mmの順にType 1～Type 4と呼ぶ、図1）。なお、これらのアタッチメントは、実験時、辺縁部にパラフィンワックスを流して実験用義歯に固定した。

上顎中切歯部からの発音時の呼気を導出するために、実験用義歯の両中切歯隣接部に円形の穴を開け、内径3

mm、外径4 mm、長さ30 mmのアルミパイプを水平に固定した。次いで、このアルミパイプから流出する呼気を内径4 mm、外径6 mm、長さ1 mのビニールチューブを介して微差圧変換器（共和電業社製PDL-40 GB）に送り、その出力を動ひずみ測定器（共和電業社製DPM-612 A）を用いて増幅した。

音声は周波数特性の平坦なコンデンサーマイク（リオン社製精密騒音計NA-60）で取り込み、呼気圧とともにデジタルデータレコーダー（ソニーマグネスケール社製PC 208）に、標準化周波数12 kHz、精度16 bitで量子化を行い、収録した。次いで、データ転送装置（ソニーマグネスケール社製PCIF 11）を用いてパーソナルコンピュータ（横河ヒューレットパッカード社製9000シリーズ300）にデータを転送し、分析を行った。

3. 被験音と発音条件

分析対象音は口蓋前方部を調音点とする歯音、歯茎音の/sa/、/si/、/ta/、/ci/とし、この分析音を第2拍目に有する有意味音[あさる]、[はしる]、[あたる]、[おちる]を被験音とした。これらの被験音は上記の順で1組とし、各アタッチメントごとに10回ずつ発音させた。発音に際しては、各被験者に固有の会話時の速さと声の大きさとで、2拍目にアクセントがくるように指示した。また、記録に先立ち、アタッチメントを装着した実験用義歯に十分慣れさせるために、アタッチメント交換ごとに、被験音の読み、ならびに通常の会話や嚥下運動などを10分ほど行わせた。

4. 分析方法

呼気圧波形については、パーソナルコンピュータのCRT上に表示した波形パターンを観察後、呼気圧ピーク値と発現時点を求めた。音声波形については、/sa/、/si/の場合は、先行母音の波形が完全に消失する先行母音終了時点（V1）と、後続母音の波形が出現する後続母音開始時点（V2）の2点を、/ta/、/ci/の場合は、破裂部出現時点（EX）を求め、両波形間の時間関係ならびに呼気圧量について検討を行った（図2）。

III. 結果

1. 呼気圧波形の観察

被験者Aに、Type 3のアタッチメントを装着した時の音声と呼気圧波形を図2に示す。/sa/、/si/ではほとんどの被験者において、十分な呼気圧値が得られた時はともに子音部で2峰性の明瞭なピークが認められた。第1ピーク（AP1）と第2ピーク（AP2）との相対的強度は被験者によって異なっていたが、同一被験者内では口蓋形態が変化しても同じであった。また、第2ピークの立ち上がり部分

図1 Schematic illustration of experimental complete denture (Top) and midsagittal views of four anterior palatal forms (Bottom)

実験用義歯の形態（上図）と4種類の前部口蓋形態の矢状面観（下図）

↑↑ : Increase of intraoral air pressure
at the start of the second peak
第2ピーク立ち上がり部分での呼気圧の上昇

AP 1 : The first peak of intraoral air pressure during /sa/ and /si/ production
/sa/, /si/発音時の呼気圧の第1ピーク

AP 2 : The second peak of intraoral air pressure during /sa/ and /si/ production
/sa/, /si/発音時の呼気圧の第2ピーク

V 1 : The end of the preceding vowel
先行母音終了時点

AP : Peak of intraoral air pressure during /ta/ and /ci/ production
/ta/, /ci/発音時の呼気圧のピーク

V 2 : The start of the following vowel
後続母音開始時点

EX : The plosive
破裂部出現時点

図 2 Typical patterns of air pressure
代表的な呼気圧波形の形態

に2つのピークほどではないが呼気圧の上昇が認められた。/ta/, /ci/の場合は、ともに破裂部出現後に明瞭な単峰性のピーク (AP) が認められ、しかも、/ta/は/ci/よりも幅の狭い急峻なピーク波形を示した。

2. 呼気圧のピークと音声との時間関係

図3~5に、前方部口蓋形態を変化させた時の被験者別の呼気圧波形と音声波形の計測点間の時間関係を示す。

摩擦音については、先行母音終了時点から呼気圧の第1ピーク出現時点までの時間 (以下、V1-AP1とする) は、/sa/では-11~83 msec (平均31.6 msec)、/si/では-4.5~105 msec (平均35.8 msec) に分布していた。同様に呼気圧の第2ピーク出現時点から後続母音開始時点までの時間 (以下、AP2-V2とする) は、/sa/では-20.5~85 msec (平均17.9 msec)、/si/では-10~126 msec (平均35.6 msec) に分布していた。破裂、破擦音については、破裂部出現時点から呼気圧のピーク値発現時点までの時間 (以下、EX-APとする) は、/ta/では20~52 msec (平均26.3 msec)、/ci/では16~139 msec (平均

71.9 msec) であった。これらの時間関係は被験者および被験音によって固有のものであった。

口蓋形態の違いによる影響については、/sa/, /si/ともV1-AP1はType2、あるいはType3で長くなり、AP2-V2ではDSが小さい方が長くなる傾向があった。/ta/, /ci/では、EX-APはDSの増減によって変化が認められるものの、被験者全体に共通した傾向は認められなかった。またType2、Type3でばらつきが小さくなり、Type1、Type4で極端に小さいか、あるいは、逆に大きいものがあった。

3. 呼気圧のピーク値

図6~9に各被験音における呼気圧のピーク値について、ただし、/sa/, /si/については第1ピーク値 (AP1) のみを示した。被験音ごとにみた場合、/sa/では、個人差はあるが約100~700 Paに分布し、/si/では約100~500 Pa、/ta/では約50~600 Pa、/ci/では約50~700 Paに分布していた。被験者別にみると、男性被験者 (A~E) に比べ女性被験者 (F~H) の3人の呼気圧は相対的に小さかつ

左から順に
Type 1 ~ Type 4

Significant difference among four palatal forms (ANOVA)
口蓋間における有意差 (ANOVA)
*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$

図3 The timing between vowel and peak of air pressure in each subject during /sa/ production
被験者別の呼気圧のピークと音声の時間関係 (/sa/ 発音時)

左から順に
Type 1 ~ Type 4

Significant difference among four palatal forms (ANOVA)
口蓋間における有意差 (ANOVA)
*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$

図4 The timing between vowel and peak of air pressure in each subject during /si/ production
被験者別の呼気圧のピークと音声の時間関係 (/si/ 発音時)

た。すべての被験音、被験者において、口蓋形態の違いによるピーク値間に有意差が危険率5%で認められるものがほとんどであった。

呼気圧の第1ピークが最大圧を示した口蓋形態は、被験音別にみると、/sa/では8人中4人の被験者がType 3の口蓋形態において、次いで、Type 4が2人、Type 1が1人、Type 2が1人であった。/si/では8人中4人の被験者が、Type 4の口蓋形態において最大値を示し、Type 2, Type 3では、それぞれ2人ずつであった。/ci/では8人中6人の被験者において、Type 3の口蓋形態で最大値を示した。摩擦、破裂音ではType 3の時最大値を示すものが多く、口蓋形態の違いによる呼気圧の増減のパターンが共通していた。一方、破裂音は他の被験音と異なる増減のパターンを示し、最大値を示す口蓋形態は被験者によってばらついていた。

IV. 考 察

1. 呼気圧の測定方法について

呼気圧の測定は、臨床的には口蓋裂や神経筋系の病変などによる形態的、機能的構音障害のある患者に対して発声障害の程度、治療効果の判定のために有用であるとされている⁷⁻⁹⁾。また、口腔内圧のピーク値については、音声科

学の分野では、音声の音韻的素性や韻律的素性との関連において種々の研究が行われている^{10,11)}。

一般に、口腔内圧の測定は、圧力変換器につないだカテーテルを口角あるいは口裂の中央部より挿入し、その先端が最後臼歯の遠心部に、しかも、声道からの呼気流に対して直角になるように設置する方法がとられている¹²⁾。しかし、今回の実験のように前方部口蓋形態の微小な変化の影響をみる場合には、口腔全体の内圧測定では調音変化を正しくとらえることは不可能である。そこで著者は、摩擦音、破裂音、摩擦音発音時に最も関係のある上顎中切歯部近傍での呼気圧を測定するために、実験用義歯の左右中切歯隣接部に穴を開け、呼気圧測定用のチューブを水平に固定した。そのため、チューブの開口端が呼気流に面していることから、今回測定した呼気圧は呼気流の影響を受けて真の呼気圧よりも大きな値を示す可能性がある¹²⁾。また、呼気圧の測定時にアルミパイプの設置位置が上口唇の動きを妨げ、通常の発音運動が行えない可能性も考えられる。そこで、各被験者に質問したところ、全員が発音時には特に支障を覚えないとの回答であった。また呼気圧は、呼気流や測定方法のほか、音圧、呼気努力などの要因によっても左右される¹³⁻¹⁸⁾ため、被験音発音時には被験者固有の会話時の早さ、強さで発音するように指示したが、それでも呼気流、音圧レベルは各被験者によってそれぞれ

図 5 The timing between burst and peak of air pressure in each subject during /ta/ and /ci/ production
被験者別の呼気圧のピークと音声の時間関係 (/ta/, /ci/発音時)

異なっていた。したがって、呼気圧の比較は同一被験者内では問題はないが、被験者間の比較は他に設定条件がない限り無理であると考えられる。

2. 結果について

呼気圧波形は、各被験音に固有の波形を示し、/sa/, /si/では2峰性のピークが、/ta/, /ci/では破裂部が出現した後に鋭い単峰性のピークが認められた。

/sa/, /si/での呼気圧の第1ピークの出現時点は、佐藤¹⁹⁾、市場²⁰⁾の報告した義歯装着者における先行母音終了時点から標準的なパラトグラム出現時点までの時間(佐藤は約30 msec, 市場は約40 msec)とほぼ一致し、セバメが最も安定すると思われる時点で出現していた。これは、第1ピーク出現時点において、摩擦音の乱流音源を形成するのに十分なセバメが形成され、一次的に強い呼気供給されたことを示す。しかし、後続母音出現前にもう一度、呼気圧の上昇、つまり第2ピークが出現するが、これが被験音の生成にどのような役割をもつかについては本実験結果からは不明である。市川は、S発音時、後続母音開始時点の約30 msec前に下顎と舌尖部が後続母音のための調音運動を開始すると報告しており²¹⁾、本実験の場合、被験

Subject “*” : Significant difference among four palatal forms ($p < 0.05$, ANOVA)
被験者 “*” : 口蓋間の有意差 ($p < 0.05$, ANOVA)
A~H : Subject A~H

図 6 The peak of air pressure in four palatal forms during /sa/ production
各前方部口蓋形態の呼気圧のピーク値 (/sa/発音時)

者A, B, D, Gの/sa/のAP 2-V 2をみるとほぼこの値に近いことから、呼気圧の第2ピークはS音生成後の後続母音へ移行する際の舌と下顎の運動、すなわち後続母音のための調音運動と何らかの関係があるのではないかと考えられる。この点については今後、さらに検討を必要とする。

/ta/の呼気圧のピークは、破裂部出現時点の約25 msec後、/ci/は約70 msec後に出現し、多くは後続母音開始時点よりも遅れていた。これは、破裂音の調音が舌尖での閉鎖と急激な開放にあることと、呼気圧測定用のセンサーの応答周波数特性が悪く、調音に追従できなかったためと考えられる。また/ci/の方が/ta/よりも遅れたのは、その破裂がゆっくりと弱く、破裂と摩擦の平均的な呼気圧として記録されたためと考えられる。

口蓋形態の違いが調音運動時の時間関係に及ぼす影響については、有意差が認められるものもあるが、全体的にみた場合、一定の傾向は認められなかった。しかし、Type

Subject “*”: Significant difference among four palatal forms ($p < 0.05$, ANOVA)

被験者 “*”: 口蓋間の有意差 ($p < 0.05$, ANOVA)

A~H: Subject A~H

図 7 The peak of air pressure in four palatal forms during /si/ production
各前方部口蓋形態の呼気圧のピーク値 (/si/発音時)

Subject “*”: Significant difference among four palatal forms ($p < 0.05$, ANOVA)

被験者 “*”: 口蓋間の有意差 ($p < 0.05$, ANOVA)

A~H: Subject A~H

図 8 The peak of air pressure in four palatal forms during /ta/ production
各前方部口蓋形態の呼気圧のピーク値 (/ta/発音時)

1とType 4の口蓋形態の時のデータのばらつきは大きく、逆に、Type 2あるいはType 3の口蓋形態の時に比較的安定したデータが得られたことから、両者の関係は市川の報告、すなわち調音運動に適した補綴物ほど、より安定した時間関係が得られること²¹⁾と関連があると思われる。

呼気圧の測定結果については、Subtelnyらは、/VCV/からなるS音の連続音節発音時の呼気圧のピーク値は、成人の場合、男性は5.69 cmH₂O (SD=1.14)、女性は6.41 cmH₂O (SD=2.64)と報告¹³⁾している。これをPaに換算すると、それぞれ558 Pa, 629 Paとなり、Subtelnyらの方法と測定方法が異なるため単純に比較できないが、今回、著者らが求めた測定値とほぼ一致するものと思われる。しかし、被験者間で大きさにばらつきが目立ち、女性の被験者は男性よりも呼気圧が全体的に小さく、特に被験者FとHにおいて著しかった。このように男女差が生じたのは、被験者数が少ないための偶然か、あるいは、女

性の場合、もともと発音時の声の大きさが小さく、呼気量も弱いためと考えられ、発音時の声の大きさに対する規制の必要性が示唆された。

口蓋形態の違いが呼気圧のピーク値に及ぼす影響については、摩擦音と破裂音ではType 2、あるいはType 3で最大となる傾向が認められ、Type 1では、被験者Aの/sa/, /si/発音時のように呼気圧が低下する傾向にあった。これは、/sa/, /si/, /ci/発音時はS隆起部でセバメをある一定時間維持しなければならないため、聴覚あるいは呼気圧をフィードバックパラメータとして²²⁾舌や下顎運動を調節して補償することが難しいと考えられる。一方、/ta/発音時には、被験者A, C, E, GのType 1において呼気圧の著しい上昇が認められた。これは、破裂音の場合、一瞬間、舌でS隆起から前歯舌面を閉鎖すればよく、発音時の音響的な歪みを容易に補償することができるためと考えられる。つまり、被験者が発音時の音響的な

Subject “*”: Significant difference among four palatal forms ($p < 0.05$, ANOVA)

被験者 “*”: 口蓋間の有意差 ($p < 0.05$, ANOVA)

A~H: Subject A~H

図 9 The peak of air pressure in four palatal forms during /ci/ production

各前方部口蓋形態の呼気圧のピーク値 (/ci/発音時)

歪みに気づいた時にフィードバック機構によって調音器官を調節し、発音に適さない口蓋形態を補って正常な発音を行おうと努力したために呼気圧の増大をみたものと思われる。

3. 装着義歯の口蓋形態と呼気圧との関係について

歯肉形成時、口蓋前方部の形態はある程度、患者固有の口蓋形態と人工歯の排列位置によって決まる。しかし、S隆起部の豊隆の程度については具体的な値を提示した報告はなく、個々に記録したパラトグラムを参考にして決定する²³⁻²⁷⁾か、あるいは有歯顎模型を参考に術者の感覚によって決定されるのが一般的である。

そこで、被験者の装着義歯と実験用義歯の口蓋形態を比較したところ、被験者AとFはType 2と、それ以外の被験者はType 3と類似していた。その意味においては、上顎中切歯の口蓋側歯頸部からS隆起の変曲点までの距離が3から6mmという値は、前方部口蓋形態を付与する際の

図 10 Palatogram of four anterior palatal forms during /sa/ production in subject A
4種類の口蓋形態のパラトグラム (被験者Aの/sa/発音時)

標準的な値と思われる。また、今回測定した呼気圧は、被験音/ta/以外、多くの場合、被験者が装着している義歯と類似する口蓋形態の時に呼気圧のピーク値が最大となっていた。これは、被験者が日常使用している義歯の口蓋形態に慣れていることが最大理由とも考えられるが、同時に、最も適切な前方部口蓋形態の時に呼気圧が最大となる可能性が大きいとも考えられる。

しかし、被験者によってはType 4でもType 2、ならびにType 3とほぼ同等の呼気圧量が認められ、必ずしも標準形態が最大呼気圧を示す理由とはいえない。そこで、実験後に被験者Aの/sa/のパラトグラムを記録し、口蓋形態と舌の接触位置との関係を検討してみた。その結果、図10に示すように、DSの距離が大きくなるにつれて、つまり、Type 1からType 4になるにつれて摩擦音産生のための舌のセバメの形成位置が後退し、セバメ幅も減少していた。このことは、被験者Aの場合、舌感や咀嚼機能などによって問題があると思われるType 4のような不自然なS隆起形態でも、単音節程度の発音ならばその形態に合わせて舌と下顎による補償運動が可能であり、十分な呼気圧を供給されうると考えられる。しかし、調音運動は被験者によって、また環境によって異なるため、1例だけでもすべての被験者に適用できない。そのため、次報ではこれらの点について総合的に検討を加える予定である。

以上の結果より、上顎中切歯部からの呼気圧は、義歯の前方部口蓋形態の変化によって影響を受け、しかも、音声との時間関係よりも呼気圧量に影響が大きいことが明らかとなった。また、発音時、義歯の口蓋形態の変化を舌や下顎などの調音体を調節するだけでなく、呼気の調節によって補償しようとする動きもあることが認められた。このように、口蓋前方部の形態は/sa/, /si/, /ci/発音時の呼気圧調整にとって非常に重要であり、歯肉形成にあたっては、Allen²³⁾の提唱するS発音時のパラトグラムを参考に

する方法のように、これらの音を発音させて呼気圧量と調音のしやすさを加味しながら調整する方法は適切であると考えられる。今後は、口蓋形態の変化に伴う舌および下顎の調音運動との関連について総合的に調査する予定である。

V. 結 論

全部床義歯の前方部口蓋形態と発音運動との関係を明らかにするために、全部床義歯装着者8人を対象に、義歯のS隆起部の形態を4通りに変化させた実験用義歯を用い、/sa/, /si/, /ta/, /ci/の各被験音発音時の上顎中切歯歯頸部からの呼気圧と音声との関係を調査し、以下の結論を得た。

1. 各被験音発音時の呼気圧波形を観察したところ、それぞれの被験音に固有のピーク数と、音声波形との時間関係を示した。
2. 呼気圧のピークと音声との時間関係を測定したところ、全部床義歯の前方部口蓋形態の変化による時間関係の変化に一定の傾向は認められなかった。
3. 呼気圧のピーク値は、被験者ごとにみると、/sa/では約100~700 Pa、/si/では約100~500 Pa、/ta/では約50~600 Pa、/ci/では約50~700 Paに分布し、被験者ごとに固有の値を示した。また、義歯の前方部口蓋形態の変化によって呼気圧が有意に変化することが認められた。
4. /sa/, /si/, /ci/発音時の中切歯部からの呼気圧量は義歯の前方部口蓋形態を形成する際に重要であることが示唆された。

稿を終えるにあたり、本研究に種々ご援助、ご協力を頂いた被験者の方々、歯科補綴学第一講座の諸先生方に、心よりお礼申し上げます。

本研究の要旨の一部は、第95回日本補綴歯科学会学術大会(平成8年5月31日、広島)において発表した。

文 献

- 1) 寛道幸男. 床義歯の生理学 213-259, 東京: 学建書院, 1980.
- 2) 関根 弘, 阿部 勤, 江崎梅太郎ほか. 義歯の音声学的研究 (第1報) 口蓋床による調音障害について. 補綴誌 5: 175-182, 1961.
- 3) 山縣健佑. 全部床義歯装着後のトラブル 発音障害. 歯界展望 31: 252-260, 1964.
- 4) 松木教夫. 全部床義歯患者の発音の研究 (その1) 自覚的障害について. 口病誌 38: 252-265, 1971.
- 5) 藤村 靖. 音声現象. 大泉充郎監修, 音声科学 6-49, 東京: 東京大学出版会, 1978.
- 6) 林都志夫. 口腔の機能と全部床義歯. 林都志夫監修, 全部床義歯補綴学 17-28, 東京: 医歯薬出版, 1982.
- 7) Reisberg DJ, Smith BE. Aerodynamic assessment of prosthetic speech aids. J Prosthet Dent 54: 686-690, 1985.
- 8) 宮崎 正, 和田 健. 先天異常. 宮崎 正編, 口蓋外科学 245-291, 東京: 医歯薬出版, 1990.
- 9) Kelly SW, McLean CC, Manley MCG. Assessment in the treatment of hyper nasal speech with motor neuron disease: A clinical report. J Prosthet Dent 75: 479-482, 1996.
- 10) 高須照彦. 声の評価—空気力学的検査—. 音声言語医学 31: 316-325, 1990.
- 11) 澤島政行. 空気力学的検査. 日本音声言語学会編, 声の検査法 臨床編 67-88, 東京: 医歯薬出版, 1995.
- 12) Baken RJ. Air pressure. Clinical measurement of speech and voice 241-276, Austin: PRO-ED Inc, 1987.
- 13) Subtelny JD, Worth JH, Sakuda M. Intraoral pressure and rate of flow during speech. Speech Hear Res 9: 498-518, 1966.
- 14) Arkebauer HJ, Hixon TJ, Hardy JC. Peak intraoral air pressures during speech. J Speech Hear Res 10: 196-208, 1967.
- 15) Brown WS, McGlone RE. Relation of intraoral air pressure to oral cavity size. Folia Phoniatrica 21: 321-331, 1969.
- 16) Brown WS, Brandt JF. Effects of auditory masking on vocal intensity and intraoral air pressure during sentence production. J Acoust Soc 49: 1903-1905, 1971.
- 17) Bernthal JE, Beukelman DR. Intraoral air pressure during the production of /P/ and /b/ by children, youths, and adults. J Speech Hear Res 21: 361-371, 1978.
- 18) Karnell MP, Willis CR. The effect of vowel context on consonantal intraoral air pressure. Folia Phoniatrica 34: 1-8, 1982.
- 19) 佐藤修斎. 発音のメカニズムに関する研究 第2報 全部床義歯装着者. 補綴誌 31: 389-402, 1987.
- 20) 市場裕康. 上顎全部床義歯装着者のS発音時の舌の動態に関する研究. 補綴誌 32: 787-797, 1988.
- 21) 市川哲雄. S発音時の舌と下顎の動態に関する研究. 補綴誌 31: 740-752, 1987.
- 22) Prosek RA. Intraoral air pressure as a feedback cue in consonant production. J Speech Hear Res 18: 133-147, 1975.
- 23) Allen LR. Improved phonetics in denture construction. J Prosthet Dent 8: 753-763, 1958.
- 24) 山縣健佑, 森田啓一. 発音からみた歯肉形成—パルトグラムの利用法—. 補綴臨床 6: 321-329, 1973.
- 25) 伊藤秀美, 根本一男. 電氣的パルトグラフによる舌の調音と口蓋形態に関する基礎的研究—単音節について—. 補綴誌 22: 580-598, 1978.
- 26) 平塚 裕, 伊藤秀美, 鈴木達夫ほか. 上顎全部床義歯口蓋前部の形態 特にS状隆起と調音に関する研究. 補綴誌 28: 143, 1984.
- 27) 伊藤秀美, 平塚 裕, 斉藤雅之ほか. S状隆起の形態形成に向けて—パルトグラフィの歯科臨床への応用—. 歯界展望 71: 1471-1485, 1988.