構音時咽頭圧測定 of 文献的考察

淡河美智子・川田 育二・宇高 二良

A Review of the Literature Related to the Measurement of Pharyngeal Air Pressure Associated with Articulation

Michiko Aga, Ikuji Kawata and Jiro Udaka

(The University of Tokushima School of Medicine)

Intraoral or pharyngeal air pressure data obtained during production of normal consonants would be useful in reassessing the role of intraoral or pharyngeal air pressure in articulation problems of speakers with velopharyngeal incompetence.

The literature related to the examination of intraoral or pharyngeal air pressure is reviewed.

Key words: pharyngeal air pressure, articulation, velopharyngeal incompetence

はじめに

ヒトは他人とのコミュニケーションを主として話し言葉によりおこなっている。そのために、話し言葉に障害があると日常生活において大変な不便を強いられることになる。このような有力な情報伝達手段である話し言葉を形成するには発声と構音の両者が必要である。しかるに他の動物でも可能な発声と異なり、構音はヒト固有の能力であるため、動物を研究対象とすることができない。そのため構音機構や障害の原因を明らかにすることは容易ではなく、いまだ構音機構が十分に解明されているとはいえない。歴史的には、顔面に欠損のある患者における咽頭の直視、パラトグラムによる舌の動きの観察、口蓋帆挙筋の筋電図の検討、語音の音響学的研究、発音時呼気の空気力学的研究、X線学的検索、内視鏡による観察等がおこなわれている。これらにより構音機構がきわめて複雑であることが判明している。しかし、これらの

方法には特に身体に侵襲を加えたり、正常構音を妨げたりするものが含まれているし、観察結果の定量化が困難であるものも少なくない。そこで、一方ではこれらの欠点を克服すべく咽頭圧の測定等、間接的な検査法が試みられてきている。これらの方法は構音のための種々の閉鎖、狭窄によって生じる声道の圧変化をとらえるもので、間接的ではあるが定量的でなおかつ非侵襲的・客観的な評価のできる有力な方法と考えられる。ところがこれらの研究では異なった測定装置や測定法が用いられており、報告者間の結果の比較がむずかしい。また精度上の問題が大きく、結果の信頼性あるいは再現性にもなお問題が残されている。しかしそれにもかかわらず、構音器官内圧測定法は、それによって構音機構の障害の成因や程度を客観的に評価し、臨床的な治療の成果や予後の判定にも役立つ有用な検査法であると考えられる。そこで今回われわれは従来行なわれてきた口腔内圧また

は咽頭圧測定法の文献的考察を行ない、今後の課題について考察した。

従来の方法

過去の報告において口腔内圧または咽頭圧測定に用いられた方法は open tube method, balloon method, intracorporal transducer method の3つに大別できる。

1. open tube method

open tube method は圧測定器を体外に置き、柔軟な tube を口腔ないしは咽頭腔に挿入し、主に空気または水を媒体として構音時の圧変動を測定する方法である。この方法は1928年 Stetson¹⁾ が摩擦音・破裂音の発語時の口腔内圧の測定に利用したのがはじめで、1937年 Hudgins²⁾ も同じ方法を用いている。Stetson と Hudgins はゴム製のタンブールとキモグラフによって圧変動を記録した。1950年 Black³⁾、1959年 Fischer-Jørgensen ら⁴⁾ は経口的に柔軟な tube を挿入し、それにより伝えられる圧変動を測定した。1966年 Subtelný ら⁵⁾、1967年 Arkebauer ら⁶⁾ は polyethylene tube を口腔並びに咽頭内に挿入し strain-gauge 法を用い測定している。1978年 Bernthal ら⁷⁾ は polyethylene tube を口角より口腔・咽頭腔の中央に挿入し水圧計により圧測定を行った。

本邦では、1959年飯田⁸⁾ は鼻腔より中咽頭にゴムゾンデを挿入し気圧計に接続してキモグラフで発声時咽頭圧を記録している。1963年矢野⁹⁾ は polyethylene tube を経口的あるいは経鼻的に挿入し気圧計で口腔内圧を測定した。1964年西田¹⁰⁾ は圧伝達用 tube を口腔内に挿入し眼圧計の圧変換器に接続し測定を行なった。1967年 Soda ら¹¹⁾ は polyethylene tube を口腔内に挿入し、また1968年松矢¹²⁾ は vinyl tube を経鼻的に挿入、口腔内の圧変動を strain-gauge 法により電気抵抗変化としてとらえた。同年待田¹³⁾ は vinyl tube を経鼻的に挿入し口腔後部での圧力変動を strain-gauge に導いた。

open tube method は装置の構造が簡単であるが、チューブの濾波効果や弾性などの影響があり、周波数範囲に限られるので広帯域にわたる圧測定は不可能である。また open tube method では経口的な方法が主としておこなわれているが、口唇間に tube を留置するため破裂音などの正常な構音を妨げる。一方、経鼻的な方法も試みられているが、圧伝達用の太い tube が鼻咽腔に留置されると鼻咽腔閉鎖が不完全となり、構音に影響を及ぼすとされている。また、構音点が奥にある /k/, /g/ の場合も tube を奥に入れることで生ずる反射のために正確な圧測定は望めない。

2. balloon method

balloon method は鼻咽腔内に balloon を挿入し鼻咽腔壁に接触させ、発声時の動きによる balloon への加圧変動を変換し測定したものである。1971年黒住ら¹⁴⁾、1977年後藤¹⁵⁾ は発音時の鼻咽頭の動きが balloon の内圧に与える変化を記録した。しかし、balloon method では balloon が構音に要する諸器官の動きを妨げ、正常構音動作は望めず、それ以後の本方法による測定の報告はない。

3. intracorporal transducer method

(miniature transducer を用いる方法)

近年のエレクトロニクスの発達により半導体を用いた超小型の圧 transducer の作製が可能となった。1968年 Koike ら¹⁶⁾ がこのような小型の圧 transducer を声門下圧ならびに中咽頭圧の測定に用いて以来、耳鼻咽喉科領域で広く利用されるようになった。この圧 transducer は小型であるため口腔・咽頭内へ経鼻的に挿入すれば測定部位に大きな影響を与えることなく、また周波数特性もよいために急速な圧変化を測定しうる方法である。1970年 Lisker¹⁷⁾ は catheter の先に固定した圧受容器を経鼻的に咽頭内に挿入、記録している。1984年原¹⁸⁾ はビニール熱縮チューブに封入した拡散型半導体小型圧力変換器を鼻腔より中咽頭に挿入し構音時咽頭圧(声門上圧とした)測定を行なっている。

る。しかし transducer が高価であるため、いまだ一般臨床における咽頭圧測定に用いられるまでには至っていない。

従来の検査結果

従来の検査では、先に述べたようにいろいろな測定方法がとられ、検査語・検査音もそれぞれ異なっている。従って検査結果を単純に比較するのは困難であるが、いくつかの共通点がみられるので、それについて検討する。

1) 検査語音による検討…有声音と無声音、摩擦音と破裂音、および子音の挿入部位（語頭・語中・語尾）の比較

Stetson (1939)¹⁾ は /k/, /g/ 発語時の口腔内圧の測定を行い、摩擦音の方が破裂音より口腔内圧は高いと報告している。Black (1950)³⁾ は /b/, /p/, /d/, /t/, /v/, /f/, /z/, /s/ の子音にそれぞれ [a], [i], [ʌ] の母音を続け、その音が語頭・語中・語尾となるような単語を発音させた時の口腔内圧は無声音>有声音となり、同じ子音でも挿入部位別でみると語頭>語中>語尾であったとしている。また破裂音、摩擦音間の比較では前述の子音に母音 [i] をつづけ発語時口腔内圧は摩擦音>破裂音、語頭>語中>語尾であったとしている。さらに構音に要する口腔内圧は105.3~185.2cm水柱であったと報告している。Subtelny ら⁵⁾ (1966) は有聲・無声音における比較をしている。[i]-子音-[i]の子音部を /p/-/b/, /t/-/d/, /s/-/z/, /f/-/v/ と変化させそれぞれの口腔内圧を測定し、その平均値は無声音>有声音であり、無声音の構音に必要な口腔内圧は6.31cm水柱以上、有声音では4.45cm水柱以上必要であったとしている。また子音の挿入部による内圧差については語頭・語尾間で比較し、語頭>語尾であったと報告している。Arkebauer ら⁶⁾ (1967) は /p, b, t, d, f, v, s, z, ʃ, ʒ, θ, ð/ の子音を用いて測定した口腔内圧では無声音>有声音、破裂音>摩擦音、語中>語頭>語尾であったと報告している。Lisker (1970)¹⁷⁾ は /p, t, k, b, d, g/ のうち2つを含む単語を発声させ、/p, t, k/ の

平均口腔内圧は6.11cm水柱、/b, d, g/ は4.42cm水柱であり、無声音>有声音であったとしている。また前述の子音を含む単語では口腔内圧は語中>語頭>語尾であったが語中においては先行する母音の強勢の有無により圧は変化すると報告している。Bernthal ら⁷⁾ (1978) は /p/ /b/ の発声時口腔内圧の平均値は /p/ で6.9cm水柱、/b/ で4.5cm水柱であり、無声音>有声音の結果を得ている。また語中の /p, b/ は6.5cm水柱、語尾の /p, b/ は4.9cm水柱で語中>語尾であったと報告している。

本邦では矢野 (1963)⁹⁾ が有聲・無声音発声時の口腔内圧は無声音は0.7~0.9cm水柱、有声音は0.5~0.7cm水柱で無声音>有声音となり、また最大値を比較すると破裂音>摩擦音であったと報告している。西田 (1964)¹⁰⁾ は /t, d, p, b, k, g, s, z/ 行音について測定し、口腔内圧の大きさは無声音>有声音であるが、無声音では破裂音>摩擦音、有声音では摩擦音>破裂音であったと報告している。さらに正常者の発声に必要な口腔内圧は無声音では0.4cm水柱、有声音では0.25cm水柱以上であると報告している。Soda ら¹¹⁾ (1967) は発声時に必要な口腔内圧は無声音>有声音で、摩擦音>破裂音であったと報告している。松矢¹²⁾ (1968) は [ka], [ta], [sa], [pa], [za], [ga], [da], [ba] の単音発音させた時の口腔内圧は無声音>有声音であり、破裂音・摩擦音に関しては有意な差はみられなかったが、破裂音については構音が口腔内後方でなされる音ほど高い圧を必要としていたと報告している。原¹⁸⁾ (1984) は内圧の大きさが無声音>有声音であり、破裂音・摩擦音間では摩擦音>破裂音、また検査語音の挿入部位のよる圧比較をすると語頭>語中・語尾であると報告している。

以上をまとめると表1のようになる。すなわち、いずれの報告でも無声音の方が有声音より高い口腔内圧を必要とする結果となっている。一方、摩擦音・破裂音の関係については報告により一致をみない。子音の挿入部位別にみると

表1 構音時に要する口腔または咽頭圧の比較

	有声音 無声音	摩擦音 破裂音	挿入部位別
Stetson		摩>破	
Black	無>有		語頭>語中>語尾
Subtelny ら	無>有		語頭>語尾
Arkebauer ら	無>有	破>摩	語中>語頭>語尾
Lisker	無>有		語中>語頭>語尾
矢野	無>有	破>摩	
西田	無>有	無声音…破>摩 有声音…摩>破	
Soda ら	無>有	摩>破	
松矢	無>有		
原	無>有	摩>破	語頭>語中・語尾

語尾での圧が低いであろうことは予測されるが語頭と語中の比較では報告によって異なる。

2) 性差, 年齢差による比較

Subtelny ら⁵⁾ (1966) は10人の成人男子, 成人女子, 6~10才までの小児を対象とし, 15の母音-子音-母音音節について口腔内圧を測定したところ口腔内圧の大きさ小児>成人女子>成人男子であったと報告している。Bernthal (1978) は4~6才の幼児, 10~12才の小児, 成人の3群間で比較をしている。その結果, 構音時の口腔内圧の大きさは幼児>小児>成人であり, 性差は特に認めなかったと報告している。Arkebauer ら⁶⁾ (1967) は平均10才の小児, 平均24才の成人それぞれ10人について口腔内圧を測定しているが, 小児の場合は成人に比べて声の大きさを規定するのが難しく, 成人にくらべると会話レベルより怒声にちかい時の口腔内圧であるのでそれをもって成人より圧がたかいとはいえないとしており, 同じ会話レベルでの圧測定を行なうと, 成人男子>小児であったと報告している。

3) 起声時音声波形の比較

Subtelny ら⁵⁾ (1966) は無声破裂音のうち/p/では基線より圧が最高になるまでの立ち上がり時間は平均 47msec, 最高圧の持続時間は85msec, 最高圧より基線までの降下時間は

52msec であり, /t/では立ち上がり時間が 56 msec, 降下時間は 90msec であったという。無声摩擦音/s/では立ち上がり時間は 75msec で最高圧持続時間は 短く 降下時間は 79msec であったとしている。すなわち無声破裂音は無声摩擦音より速く立ち上がり, 最高圧の持続時間は短く, 圧の降下は速やかであり, また有声音・無声を比較すると立ち上がり時間は無声子音の方が長かったと報告している。矢野(1963)⁹⁾ は音声波形について, 有声音音節では圧は発声とともに上昇し, 無声子音音節では発声に先行して圧の上昇がみられるとしている。そして無声摩擦音は最高圧になるのに 60~80msec, 無声破裂音では 170~210msec を要し, また有声音・無声破裂音では発声と同時に圧が下降するが, 有聲摩擦音では子音波が終わると同時に圧は下降し, 無声摩擦音では圧がやや下降してから母音への移行部となったと報告している。Soda ら¹¹⁾ (1967) は音声波形の立ち上がり時間について, 無声破裂音/p/では 180msec, /t/では 186msec, 有聲破裂音/b/では 118msec, /d/では 118msec であり, 無声音>有声音であったとしている。また声の大きさによっても立ち上がり時間はかわり, 声の大きいとき程短いと述べている。さらに単音節と文中においての違いについては語頭の単音節(破裂音+母音)では圧は起声と同時に立ち上がり, 声の消失とともに降下する波形を描くが, 語中にある子音は立ち上がりが急であったとしている。そして無声・有声音を比較すると立ち上がり時間は無声子音の方が長かったと報告している。原(1984)¹⁸⁾は音声の強さは口腔内圧に影響し, また無声・有声音を比較すると立ち上がり時間は無声子音>有声音であったが, 降下時間には差がなく, 破裂音・摩擦音発声時の圧は最高圧に達した後, 急激に降下し, 過去の結果とも一致すると報告している。

4) その他

Fischer-Jørgensen ら⁴⁾ (1959) は口腔内圧測定法を用いデンマーク語と英語の唇音の違い

を区別した。また Subtelny ら⁵⁾ (1966) は “peter Piper picked a peck of pickled peppers” という文を用い、同じ語頭の同一の子音でも子音前後の強勢の有無で圧が変化したと報告あり、このことは Lisker¹⁷⁾ (1970) の報告と一致する。

飯田 (1959)⁸⁾ は正常人空嚙下時咽頭圧、口蓋扁桃摘出術後の圧、咽頭癌患者空嚙下時咽頭圧、発声時咽頭圧を測定している。発声時咽頭圧は母音、ナ、ハ、カ、タ、パ行を用い、嚙下圧は陰圧であるが発声時は陽圧であったとしている。発声時咽頭圧はタ・パ行>カ行>ハ行>ア行>ナ行であり、後続母音との関係では〔i〕, 〔u〕の時に他より高い圧になったと報告している。

今後の問題点

従来の方法では、open tube method では低域濾波効果があり、記録周波数範囲が限られているので、広帯域にわたる圧測定は不可能である。また balloon method では受圧装置が正常構音を妨げるという欠点がある。構音に伴う口腔内圧または咽頭圧の変化を測定する装置としては、正常構音動作を妨げない大きさと形態を持つ受圧装置と、急速な圧変化に追従できる圧測定器で、なおかつ操作の簡単なものが望まれる。現状では、このような条件に近いものとして小型の圧 transducer を直接咽頭内に挿入して測定する方法があげられる。この方法によればより精密な構音検査¹⁹⁾が可能になり、臨床的には口蓋裂の検査およびその客観的評価方法として有用であると思われる。

検査語音としてはいろいろな語音があげられているが構音時に圧上昇を必要とする子音（特に破裂音・摩擦音など）が客観的に評価しやすく、また子音の挿入部位（語頭・語中・語尾での比較）、後続母音、声の強さ、単音節か文中の音かななどを比較し、自然な状態での構音時の咽頭圧測定を行なうべきであると考えられる。

まとめ

構音中の口腔内圧または咽頭圧の変動につい

て、測定方法、結果、今後の問題点の面から文献的考察を行なった。従来よりさまざまな方法による報告がなされているが、それらの結果については一致しない部分がある。特に測定圧値にはかなりの違いがあるが、これは測定方法、装置、測定条件などに基づくものと考えられる。口腔内圧または咽頭圧測定を行なう事は構音機構の解明に役立ち、臨床的にも口蓋裂を代表とする構音障害の程度や治療効果の判定、言語訓練の手がかりとして利用できるものと考えられる。現状では圧 transducer の小型化が進み、咽頭内に直接挿入しても自然な構音時に近い条件が得られ、また急激な圧変化に追従できる周波数特性のよいものが作製されているから、測定法としては、今後 miniature transducer 法を用いて口腔内圧または咽頭圧の解析を進めるのがよいと考える。

稿を終えるにあたり、御校閲、御指導を賜った小池靖夫教授に深謝致します。

参考文献

- 1) Stetson RH : Motor Phonetics. Arch Neerl d Phon Exper 3 : 1~126, 1928.
- 2) Hudgins CV and DI Carlo LM : An experimental study of assimilation between abutting consonants. The Journal of Psychology 20 : 449~469, 1939.
- 3) Black John W : The pressure component in the production of consonants. J Speech Dis 15 : 206~210, 1950.
- 4) Fischer-Jørgensen E and Tybjaerg-Hansen A : An electrical manometer and its use in phonetic research. Phonetica 4 : 42~53, 1959.
- 5) Subtelny JD, Worth JH and Sakuda M : Intraoral pressure and rate of flow during speech. J Speech Hear Res 9 : 498~518, 1966.
- 6) Arkebauer H, Hixon TJ and Hardy JC : Peak intraoral air pressure during speech. J Speech Hear Res 10 : 195~208, 1967.

- 7) Bernthal JE and 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.
- 8) 飯田文武 : 嚥下運動の生理学的研究. 耳鼻臨床 52 : 40~65, 1959.
- 9) 矢野鐸郎 : 語音発音時の付属管腔内圧に関する研究. 耳鼻臨床 56 : 531~561, 1963.
- 10) 西田之昭 : 構音点圧測定法とその臨床医学的意義 (開鼻声の構音点圧). 耳鼻 10 : 75~82, 1964.
- 11) Soda T, Nishida Y and Suwoya H : Intraoral pressure change in Japanese consonants. Otologica Fukuoka 13 : 34~43, 1967.
- 12) 松矢篤三 : 口蓋裂患者の異常音声の発声機序に関する基礎的研究. 阪大歯学誌 13 : 45~57, 1968.
- 13) 待田順治 : 口蓋裂患者における発音準備時間と発音機構に関する研究. 阪大歯学誌 13 : 3~26, 1968.
- 14) 黒住静之, 小野文孝, 夜陣紘治 : 発音時の軟口蓋および鼻咽頭の運動について. 耳鼻臨床 64 : 895~899, 1971.
- 15) 後藤友信 : 鼻咽腔閉鎖強度とその調節に関する研究. 阪大歯学誌 22 : 1 ; 87~106, 1977.
- 16) Koike Y and Perkins W : Application of a miniaturized pressure transducer for experimental speech research. Folia Phoniatr 20 : 360~368, 1968.
- 17) Lisker L : Supraglottal air pressure in the production of English stops. Lang Speech 13 : 215~230, 1970.
- 18) 原ケイ子 : 語音発生時の音声の強さと声門上圧の関係について. 九州歯会誌 38 : 3 ; 531~544, 1984.
- 19) 小宮山莊太郎, 山下弘之 : 気管食道科における診断と治療の進歩. 気道食道の内圧検査とその意義 (上村卓也監修). 50~65頁, 医学教育出版社, 東京, 1985.

別刷請求先 : 淡河美智子
〒770 徳島県徳島市蔵本町3
徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室