音声検査法としての発声時最小呼気流率

真 子 弘 子・小宮山莊太郎

Minimum Airflow Rate During Phonation

Hiroko Manako and Sohtaro Komiyama

The mean airflow rate (MFR) at the habitual vocal pitch and intensity shows great intersubject and intrasubject variations for normal subjects. In other words, the normal range of MFR is wide. Therefore, abnormalities can be determined only when the MFR value is very large.

We thought normal variations might be smaller for the minimum airflow rate at some F_0 and/or SPL levels of phonation than MFR. This paper describes preliminary results obtained from 14 male and 14 female subjects. With the use of flow- F_0 and flow-SPL profiles, the minimum airflow rate was determined for five F_0 levels, 100, 140, 200, 280 and 400Hz, and for four SPL levels, 60, 70, 80 and 90dB. The minimum airflow rate was smaller at middle F_0 than at low and high F_0 . The intersubject variation did not differ significantly among different F_0 . The minimum airflow rate and its intersubject variations increased with increasing SPL.

Key words: 発声時最小呼気流率, フォノグラム, 発声時呼気流率, 基本周波数, 音圧

1. は じ め に

発声機能の空気力学的検査として、発声時呼気流率、発声能率 (AC/DC)、発声効率などが臨床に応用されている。しかし、これらの検査は、喉頭調節が一定であることが前提となる。一般に行われている発声時呼気流率の測定では“無関位”という一定の喉頭調節での発声法で検査を行うか、あるいは高さ、強さを指定しているわけであるが、その場合でも個人差は勿論のこと、個体内での測定値のバラツキもかなりあり、治療前後の比較が困難な症例にしばしば遭遇する。

我々は、音圧、基本周波数、発声時呼気流率の同時測定を行い、これらを2次元、あるいは3次元的に表示することにより、一定の音圧または基本周波数で発声する場合でも、使用される呼気流率は一定ではなく、非常に大きな幅を持っていることを報告した¹⁾。このことは、現在一般に行われている無関位発声での空気力学的検査値は、かなり極端な値でないと異常と判定できないことを意味する。つまり、発声時呼気流率、発声能率、発声効率などは正常範囲が広く音声障害者の検出率が低いと言えよう。

発声時最小呼気流率 (minMFR) とは、ある高さ、またはある大きさの声を発声する時に要する最小の呼気流率である。

本論文では、発声機能を評価する新しいパラメータとして発声時最小呼気流率を提唱し、その正常値を示して音声機能検査法としての可能性を探った。

2. 測定装置および方法

図1は測定に使用した装置のブロックダイアグラムである。測定装置の詳細はすでに報告しているが、必要に応じて、音圧、基本周波数、発声時呼気流率のうちの任意の2つのパラメータのフォノグラムが、メモリスコープ上にリアルタイムで表示される²⁾。

測定に際しては紙製マウスピースを使用し、発声時には被験者の外鼻をノーズクリップで閉鎖した。被験者は基本周波数—音圧のフォノグラムを見ながら、楽な持続発声を数回行った後、最も大きい声から徐々に声を小さくするようにして、最も小さい声まで発声した。つぎに、声の高さを変えて最も大きな声から最も小さな声まで発声した。発声可能な基本周波数すべてについて検査を行い、発声可能帯域をメモリスコープ上に描出した (図2-a)。

minMFRの計測方法を示す。図2-bは同一検査時に得られる呼気流率—基本周波数のフォノグラムである。ある高さの声を発声する場合に必要な呼気流率が測定されている。図2-bのグラフの矢印で示すように、100, 140, 200, 280, 400Hzの周波数について呼気流率の最小値を求め、minMFRとした。また、呼気流率が最小となる点をつないだ包絡線を発声時最小呼気流率曲線 (minMFR-curve) と呼称した。

図2-cの呼気流率—音圧のフォノグラムでも同様にして、60, 70, 80, 90dBのminMFRとminMFR-curveを求めた。

図1. BLOCK DIAGRAM

図3. 最小呼気流率曲線
(minMFR-基本周波数) 図4. minMFRの分布
(minMFR-基本周波数)

3. 対象

正常成人男女各14名を対象とした。年齢は、男性21～27才、女性19～27才であった。被験者はすべて音声は聴覚心理的に正常であり、喉頭にも視診上異常を認めなかった。

4. 結果

呼気流率-基本周波数のフォノグラムから得られた男女各14名の minMFR-curve を、男女別に重ね書きした(図

a. 基本周波数-音圧

b. 呼気流率-基本周波数

c. 呼気流率-音圧

図2. フォノグラム

図5. 最小呼気流率曲線
(minMFR-音圧) 図6. minMFRの分布
(minMFR-音圧)

3). 1本の曲線は一名の被験者の測定によって得られた minMFR-curve である。14名分の曲線が同一グラフ上に描かれている。その平均値を図4に示した。黒丸は14名の minMFR の平均値を、横棒は標準偏差を示す。男性では140～200Hzで、女性では200～280Hzで minMFR は小さくなっている。

つぎに、呼気流率-音圧のフォノグラムから得られた minMFR-curve の男女別の重ね書き(図5)とその平均値(図6)を示す。男女とも、60～70dBでは、個体差が

小さく、しかも、声の大きさを変えても minMFR はほぼ一定で安定している。一方、80~90dB という大きい声では、minMFR は著明に増加し、個体差も大きくなった。

5. 考 察

minMFR とは、ある高さ、またはある大きさの声を発声する時に要する最小の呼気流量である。声の高さを一定に保ち、声の大きさを徐々に小さくする場合は、声帯振動が止まる直前の呼気流量と考えられる。つまり minMFR は、摘出喉頭での吹鳴実験における吹鳴停止時の呼気流量³⁾と同様に、喉頭の効率や柔軟性を表し、従来の呼気流量測定よりも鋭敏に喉頭の発声機能を表現し、音声障害者の検出に有用であると考えられる。

実際、正常者について測定を行うと、本報告のように個体差が小さく測定値のバラツキが小さかった。これは病的音声（声帯ポリープ、声帯結節など）を容易に検出し、また治療結果にも鋭敏に対応出来ることを示していると思われる。

基本周波数についての測定の結果から、男性では140~200Hz で、女性では200~280Hz で minMFR は小さくなっていた。このことから、minMFR は話声位付近で小さいと推定される。渡辺⁴⁾は、正常成人男女各一名の音圧、基本周波数、発声時呼気流量の同時測定を行い、声の高さを上げていくと、話声位を中心として最適音圧点に変化し、呼気流量と音圧がともに上昇すると報告している。我々の結果はこれをもっと明瞭に証明したもので、我々が日常用いている話声位は最も効率よく発声できる声の高さと言える。そこで男性の話声位を平均140Hz、女性のそれを測定のと合で200Hz と考えて、minMFR の正常範囲を算出し、棄却限界を危険率5%で求めると、上限は男性110.8ml/sec、女性86.7ml/sec であった。そこで我々の臨床では、わかりやすく、正常範囲を男性で110ml/sec 未満、女性で90ml/sec 未満と設定して用いている。本報告に記した正常被験者では、男女ともすべてこの範囲内であった。

声の強さを Y 軸にした minMFR に観点を移すと、60~70dB では個体差が小さく、しかも、声の大きさを変えても minMFR はほぼ一定で安定していた。一方、80~90dB という大きさの声では、minMFR は著明に増加し、個体差も大きくなった。音圧についての minMFR の平均値、標準偏差を算出した結果、男女とも、60dB では標準偏差が極めて小さく、個体差が小さいことがわかった。そこで

60dB 発声時の minMFR の正常範囲を算出し、棄却限界を危険率5%で求めると、上限は男性74.3ml/sec、女性67.6ml/sec であった。そこで、わかりやすく、正常範囲を男性で80ml/sec 未満、女性で70ml/sec 未満と設定して臨床に用いている。今回の被験者では、男女とも14名中13名がこの範囲内にはいった。他の2名は男性の80ml/sec と女性の70ml/sec であった。

我々の測定結果から minMFR が小さくなるのは、話声位で小さい声の時と言えるので、日常臨床で minMFR 測定を行う時は、発声可能帯域を全部検査する必要はなく、話声位で小さい声の音声だけ検査すればよいと言えよう。そうすれば検査時間はかなり短縮でき、従来の呼気流量測定と同程度となるはずである。

また、minMFR 測定の自動化については、現在検討中である。

6. 結 論

minMFR は喉頭の発声効率を表わし、正常者では個体差が小さい。このため、minMFR は音声障害者の検出に有用である。

- 1) 正常者について発声時最小呼気流量を測定した。
- 2) 発声時最小呼気流量は、話声位付近で小さい。
- 3) 発声時最小呼気流量は、60, 70dB では個体差が小さく一定の値をとるが、80, 90dB では著明に増加する。
- 4) 正常者の測定結果のバラツキが少なく、臨床検査として有用である。

文 献

- 1) 小宮山莊太郎：声帯ポリープに対する手術と手術前後の発声機能。音声外科における最新の進歩、(平野実編)、117~121、医学教育出版社、東京、1984。
- 2) 小宮山莊太郎ほか：Phonogram の自動化の試み。耳鼻 28:412~415、1982。
- 3) 大木和明ほか：声帯最小発声における流量の変化の実験的観察。音声言語医学 29:116、1988。
- 4) 渡辺 宏ほか：軽度音声障害者にみられる喉頭の調節機能。音声言語医学 25:133~139、1984。

別刷請求先 〒812 福岡市東区馬出3丁目1-1

九州大学医学部耳鼻咽喉科学教室 真子弘子