

# 誤嚥の検出装置の開発

電子科  
浜松市リハビリテーション病院  
聖隷三方原病院

長澤 正  
重松 孝  
前田広士

## Development of Aspiration Detection Device

Tadashi Nagasawa, Takashi Shigematsu and Hiroshi Maeda

### 1. はじめに

誤嚥は気付かないうちに繰り返され、肺炎などの原因になるため、早期に発見することが必要である。誤嚥を発見するには、食事中では嚥下造影検査、就寝中では大型施設を使用する検査方法などがあるが、日常の検査に向いていない。特に就寝中の唾液誤嚥に対する検査の要望があり、簡便で長時間測定可能な装置の開発が求められていた。そこで、非侵襲な方法として呼気音の変化から誤嚥等の異常を検出する装置の開発を行った。この研究は、昨年度までに行った静岡県プロジェクト研究「高齢者の自立を促進する医食工連携による誤嚥性肺炎の総合的予防」の小課題「検査システム」の研究内容の改善を行ったものである。また、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会助成を受けている。

### 2. 方法

#### 2. 1 患者の呼吸音の採取

医療関係者は頸部聴診法によって誤嚥などの異常を検出している。この方法は検出率が8割程度であるが、医療スタッフが大勢の患者に対して初診を行う方法としては適切なものである。そこで、この方法を参考にして、呼気音の変化をパソコンで分析して異常判定部分を表示し、医療スタッフが確認することで異常呼気を発見する、判定補助装置を開発する。

日常の呼気音は小さいため、この呼気音が集音でき、低周波ノイズの影響を受けにくい小型マイクを、嚥下造影検査（VF）時に患者の頸部に貼付して呼気音をICレコーダで録音した。

#### 2. 2 呼気分析用データ作成

最初に、音声データを波形表示・再生・分析・加

工するプログラムを作成した。次に音声表示波形と再生音から、被験者の呼気音のみを切り出して試料とする。なお、呼気は①「基準呼気」は検査開始前で喉が清浄な状態の呼気②「正常呼気」は飲食物が正しく飲み込めた時の呼気③「異常呼気」は誤嚥、侵入、残留などが起きているときの呼気、の3種類に分類した。正常・異常の判定は、嚥下造影画像により医療スタッフが行った。

#### 2. 3 異常呼気判定計算式の作成

呼気の長さ、呼気音の強さ、呼気と次の呼気との間隔、周波数成分の割合や大きさの順位、などを比較して異常呼気の検出可能性を調査した。呼気を分析する場合は、呼気全体の他に呼気の先頭から20%、25%、30%・・・のように一部分を使用することも行った。

#### 2. 4 計算式の検証

計算式の検証は、就寝中の呼吸音を判定することにより行う。方法は、医療スタッフによる聴音での判定と、パソコンによる自動判定した結果を比較する。パソコンの判定では、連続した呼吸音の中から呼気音のみを自動で切り出すプログラムによる呼気音データを使用した。

### 3. 結果

基準呼気に比べて異常呼気では低めの周波数成分は増加するとともに、高めの成分は減少し、呼気音は大きくなる、という傾向が見られたが、異常時の特徴的な周波数ピークはなく、呼気時間の大幅な変化は認められなかった。また個人差があるため、呼気データの単純な比較だけでは被験者全員に共通な計算式の作成には至らなかった。

【ノート】

そこで、個人差を解消する方法として、被験者毎に基準呼気の平均値で割ることにより正規化を行った。呼気音の0～1kHzの範囲で50Hz毎の構成割合を計算し、(0～100Hzの和) / (450～800Hzの和) と呼気の強さとの積を求め、基準値以上を異常と判定する計算式を作成した。

この結果、図1に示すように女性では基準値を2.08とした場合、約8割の異常を検出できた。頸部聴診時には、呼気の開始部分の方を終了部分に比較して注意して聴くという医療関係者の意見から、呼気の開始部分のみを使用しての分析を行ったところ、図1の場合では、開始部分から25%を使用する場合が最もよく判別できた。

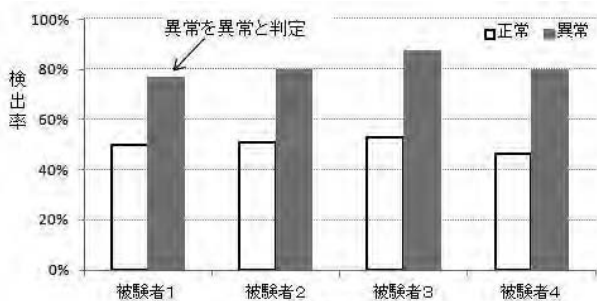


図1 女性の検出結果

この計算式を使用して、就寝中の30分間の呼吸音を判定したところ、全709呼気のうち180呼気を異常と判定した。医師が、正常・異常の最終確認をするには、異常判定数が多いため、減らす方法を次に検討した。

今回は、周波数帯毎に重みづけをして計算する方法を採用し、1次の多項式で $Y=A_0 + A_1 \cdot F_1 + A_2 \cdot F_2 + A_3 \cdot P$ の形式とした (F1, F2は周波数範囲での構成割合、Pは呼気の強さ、A0, A1, A2, A3は定数)。そしてこの各周波数帯の選択方法を変化させて、異常を8割程度検出できる計算式を判別分析法により作成した。この結果、表1のように女性では、24個の計算式を作成した。ここでは、異常検出数を少なくすることを目的としているため、就寝中の呼吸音を判定して、異常判定数が最小になる計算式 (F1 = 0～150Hz、F2 = 600～700Hz、A0 = 0.58、A1 = -0.52、A2 = 0.6、A3 = -0.30、呼気25%使用時) を採用した。

男性については、周波数範囲が0～1kHzの範囲

では、分離できる計算式が作成できなかったため、1kHz～2kHzの成分を使用して、 $Y=A_0 + A_1 \cdot F_1 + A_2 \cdot F_2 + A_3 \cdot F_3 + A_4 \cdot P$ の形式とした。そして女性の場合と同様に就寝中の呼吸音を判定し、異常検出数が最小になるものを採用した (F1 = 0～150Hz、F2 = 700～1,000Hz、F3 = 1,500～1,700Hz、A0 = 7.82、A1 = -3.63、A2 = -1.25、A3 = -1.56、A4 = -0.50、呼気25%使用時)。

表1 女性の正常・異常呼気の判定用計算式

| No    | 周波数範囲 |           | 定数     |       |      |       |
|-------|-------|-----------|--------|-------|------|-------|
|       | F1    | F2        | A0     | A1    | A2   | A3    |
| 1     | 0～100 | 250～1,000 | -4.65  | 0.94  | 4.45 | -0.20 |
| 2     | 0～100 | 400～950   | -1.31  | 0.00  | 2.01 | -0.26 |
| 3     | 0～100 | 450～750   | -0.89  | -0.10 | 1.68 | -0.26 |
| ..... |       |           |        |       |      |       |
| 23    | 0～450 | 450～550   | -3.85  | 1.82  | 2.76 | -0.24 |
| 24    | 0～500 | 550～950   | -11.08 | 8.86  | 2.90 | -0.28 |

作成した計算式により、男女それぞれ1人の就寝中の呼吸音を検証した結果を表2に示す。計算式は、検査対象呼気を基準呼気で割り算した値を使用している。就寝中の連続した呼吸音については、時間とともに呼吸音に変化していくことが考えられるため、対象呼気の直前の正常判定された呼気を基準呼気として用いた。この表から、使用する呼気の範囲は、男性では25%又は30%、女性では25%が適切であるといえる。

表2 呼気使用割合を変化させたときの異常呼気の発見可能数

| 呼気使用割合 (%) | 男性<br>対象呼気520個<br>異常判定30個 |          | 女性<br>対象呼気709個<br>異常判定23個 |          |
|------------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
|            | PC異常判定数                   | 異常発見可能な数 | PC異常判定数                   | 異常発見可能な数 |
| 20         | 39                        | 16       | 68                        | 9        |
| 25         | 49                        | 20       | 87                        | 12       |
| 30         | 39                        | 20       | 155                       | 8        |
| 35         | 46                        | 16       | 136                       | 9        |

4. おわりに

今後、異常検出率の向上と判定作業の時間短縮に向けて、データの蓄積とパラメータの調整を行い、あわせて使いやすいパソコンのシステムを構築する。