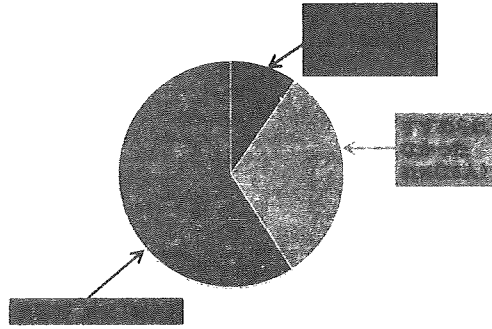


治療は何もしていないと回答した83人中で
質問:手術をすすめられましたか?



考察1

- ・声帯溝症という疾患の認知度が低いため
声帯溝症の症状は理解を得にくく
社会的に負の評価を受けやすい
→社会への啓蒙が必要

考察2

- ・医療サイドの声帯溝症に対する認知度も高くない?
 - * がんではないからよい、加齢によるものだから仕方ないと診断名も知らされない
 - * いくつかの施設をまわって初めて診断名を聞いた、等→診断のガイドラインが必要
- ・音声訓練・手術ともに受けていない症例が半数近くある。
 - * 治療の可能性を否定され、未治療のケースが多い
 - * 訓練法や術式が一般化されておらず、治療に関する詳細な説明を受けられない
 - * 特殊な施設でしか治療を受けられない
 - * 施設によって治療法に偏りがある→治療のガイドラインが必要

考察3

- ・手術に対する患者の満足度について
 - 1) コラーゲン注入術や自家脂肪注入術では、施行直後の効果はあるものの、時間が経過すると効果が低下してしまうとの声があった
→今後適応症例の検討が必要
 - 2) 側頭筋膜自家移植術では高い満足度を得ているが採用している施設が少ない
→今後術式の高度先進医療から一般化へ

まとめ

1. 声帯溝症に関する
認知や治療の方法など
患者のみならず医師も含めた
社会への啓蒙が必要
2. 声帯溝症に対する
「紹介・診断・治療の
ガイドライン」が必要

VI. 研究成果の刊行物・別刷

喉頭疾患—私ほどう検査する 声帯癬痕・溝症 1

角田晃一*

Koichi TSUNODA

● Key Words ● 声帯癬痕, 声帯溝症, 発声持続時間 ●

I. 声帯癬痕・溝症における病態と問題点

声帯の癬痕と声帯溝症は基本的には声帯振動の障害が音声障害を、さらに声門閉鎖不全をきたす場合が多い。声帯の癬痕の多くは声帯の粘膜が硬くなり、声帯のラインスペースが消失し声帯のbodyに癒着した状態である。

激しく振動する声帯粘膜が硬くなり、さらにその振動の緩衝帯であるラインスペースが消失した場合、声帯振動が阻害されるのはもちろん、これらの容積の減少と緩衝帯の容積の減少により声帯が萎縮し、声門閉鎖不全をきたす。

したがって症状は加齢による声帯の萎縮と同様、声門閉鎖不全の病態を考えればよい。

音声における症状としては氣息性嘎声であるが、声門閉鎖不全で来院する場合が多く、声が出にくい、声が続かない、声が硬くなった、のどが渇きやすい、咳き込みやすくなった、などの症状を訴えて来院する場合が多い。

II. 検査法の選択

音声言語医学として詳しい検査法は成書を参照していただき¹⁾、ここでは、日々忙しい耳鼻咽喉科一般臨床を考慮し、患者・家族の納得が得られやすい方法に重点を置いて記述した。

1. 形態の観察

喉頭を観察すると声帯の全体の萎縮の場合は声帯の発声時の弓状変化による声門間隙が認められ

る。部分的な癬痕（外傷や手術癬痕）の場合は明らかな凹凸や色調の変化（粘膜面の血流が悪くなる）など部分的変化を認める。

2. 声帯振動の観察

発声時の声帯振動の観察はストロボによる粘膜波動の低下や欠損部位として認められる。癬痕部位に一致して、波間に浮かんだ木の葉が揺れるように粘膜波動や振動の欠損部位が認められる。一方で、中等度以上の声門閉鎖不全がある場合、安定した声帯振動が要求されるストロボの所見では同期しない場合が多く、起声時の声門下圧が高い時は振動しても一瞬であり、その後同期しない場合が多い。

3. 音響分析

音響分析の指標として成書に多く書かれているShimmerやJitterなどさまざまな指標があるが、臨床で耳鼻咽喉科医が行うには時間と手間がかかり一般的ではなく、患者への説明もまた真の理解を得るにも難しい。筆者は手術の場合は基本的にautologous transplantation of fascia into the vocal fold: ATFV（声帯内側頭筋筋膜自家移植）²⁾を行うが、手術前後でサウンドスペクトログラムの分析結果を表示して説明するのが患者やその家族にわかりやすく最も有効である。この場合の説明のコツはフォルマント云々を説明するより、声紋分析が氣息性嘎声により、声紋が雑音主体ではっきりしなかったのが、治療により声紋がこんなにはっきり濃くなってきました、と実際に見せて視覚に訴えるほうが患者はより納得する。

* 国立病院機構東京医療センター耳鼻咽喉科国立感覚器センター人工臓器・機器開発研究部門
〔〒152-8902 東京都目黒区東が丘2-5-1〕

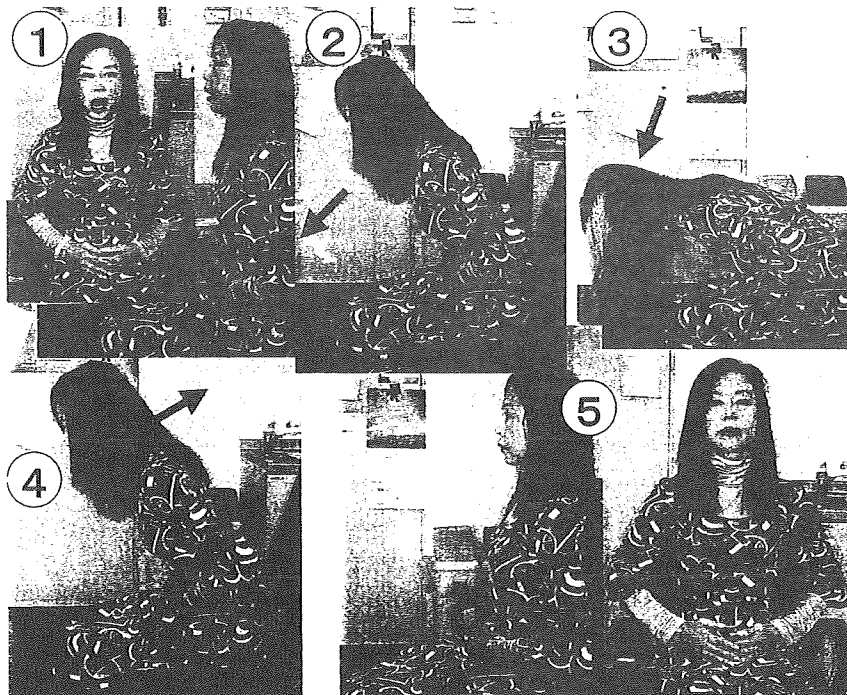


図1 安定した腹式呼吸

- ①～③：からだの息をゆっくり吐き出しつつ、上体を前傾してゆく。
 ④：すべての息を出しきったらゆっくりと上体を起こす。
 ⑤：からだをもとの状態に戻した時点で発声を開始する。

4. 音声機能検査

気流阻止法は専門施設で行われ視覚に訴え、説明も慣れれば容易であるが、多くの施設に普及していない。最も簡単で時計ひとつで行える方法が発声持続時間の計測である。自分で一番出しやすい声で深吸気の後「あー」と持続発声させる。できるだけ長く発声せしめ雑音になっても最後まで息を吐かせ。その秒数をはかる。男女とも10秒以下では声門閉鎖不全、あるいは肺活量の低下など考えられる。より正確な指標としては発声持続時間に肺活量を加味した測定法もある。

III. 検査法のまとめと推奨する検査法

本稿は“私ならこうする”である。多くの読者は一般耳鼻咽喉科診療の延長としての喉頭疾患への対応であり、音声外科の治療である。私も含め一般の耳鼻咽喉科医が、他の診療を妨げることなく、トラブルなく声帯癬痕・声帯溝症の検査法として推奨できるものはいくつかあるが、経験的に

最も推奨できる方法は単純であるが、発声持続時間の計測（可能であれば声の録音含む）である。以下、私の発声持続時間計測法に關し述べる。

IV. 発声持続時間の計測法

本法は、最も単純であり効率の良い方法である。一方で条件を一致させないと客観性にかける。私はDATテープに音声を録音し以下の方法で行う。以下、私の方法である。

- 1) 患者にとって一番楽なハミング音に合わせたピッチで「アー」と発声させる。可能であればこのピッチを測定する（ストロボのコンタクトマイクで同期が得られれば可能である。が不可能な場合も多い）。
- 2) 座位で、上体をひざに状態を近づけるように前屈させゆっくり息を吐き出させる（図1-①～③）。
- 3) 息を吐ききったらゆっくり体を起こす。これにより自然な腹式呼吸による、深吸気を得

られる (図 1-③~⑤)。

- 4) 体を起した後患者の楽な声で「アー」と可能な限り声を出させる (図 1-①~③)。
- 5) 途中で声帯振動が消失して呼気雑音になった場合。その時点の時間をメモし、最後まで患者に発話を試みさせ続け、息が出きった時間を発声持続時間とする。
- 6) 2) ~5) を 2~3 回行う。

*ポイント

- 1) できるだけ患者をリラックスさせ、患者の競争心をひきたてつつ行う。
- 2) 後半息が続かなくなりそうな時は、患者を励まし、応援しできるだけ良い成績が出るように努力させる。
- 3) 気息性嘔声の激しい場合最初から雑音である場合も多いが、声を出すよりどれぐらい息を出し続けられるかと患者に説明しあきらめさせずに測定する。
- 4) この際、声の録音を母音の発声と定型文 (ジャックと豆の木や北風と太陽など) も同時に記録しておけば、余裕ができたときの音響分析や、研究に有用である (図 2)。
- 5) 音声外科手術を行う場合は術前に肺活量を測っておけば、声帯病変の悪化でなく、肺活量の低下による MPT の短縮の起こる可能性もあり必須である。

V. より有効な声の日記と声の衛生

本法のよさは患者やその家族が自宅で測定可能で、音声訓練や手術の効果を患者家族が自分で実感できる利点がある。日常生活で励みになりさらに患者自身が声の日記をつけることで、日々の生活を振り返り、患者のライフスタイルにあった声の衛生法を、患者やその家族が見つけたことが可能な利点もある。

反面、音声機能検査 450 点? との不満がある場合もあるが、外来では録音やピッチの抽出 (ストロボについている) により自己記録との差別化が得られる。

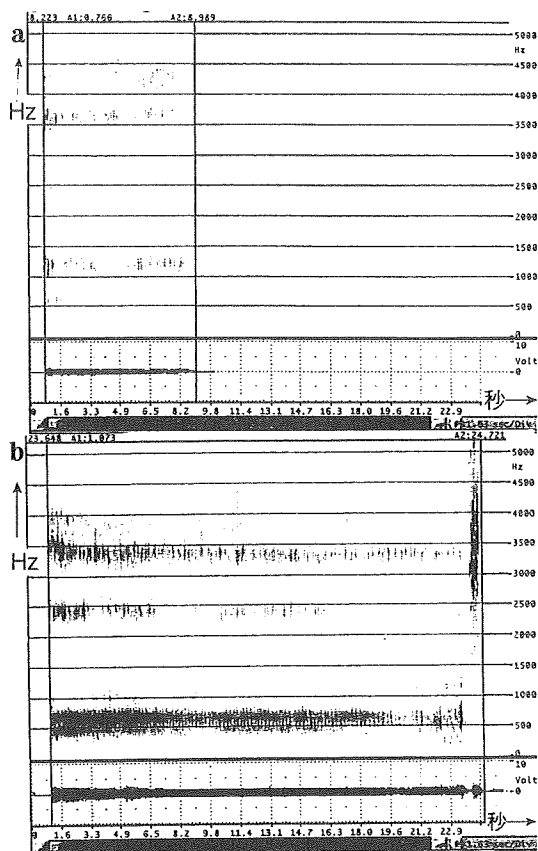


図 2 発声持続時間と音響分析

- a : 声帯溝症に対する ATFVtype 1 術前の発声持続時間/ア/約 9 秒間
- b : 術後 9 カ月の発声持続時間/ア/約 20 秒で後半は雑音

VI. 今後期待される検査法

画像処理機能のついた内視鏡、例えばこれまでの内視鏡で明らかにならなかった声帯の変化やコントラスト、血管新生や血流の低下など客観的診断が期待される²⁾。また、普及の可能性が現実味をおびてきたハイスピードデジタル撮影装置^{3~4)}を用いれば、これまでストロボでは観測ができなかった高度の声門閉鎖不全においても観察記録が可能であり、今後の低価格化と普及・発展が期待される。

文 献

- 1) 日本音声言語医学会 (編): 声の検査法, 基礎編, 臨床

- 編, 第2版, 医歯薬出版社, 東京, 1994.
- 2) 角田篤信, 神山亮介, 角 卓郎, 他: 新しいデジタル画像処理を用いた内視鏡診断の可能性. 日気食 59: 170-171, 2008.
- 3) Tsunoda K, Kondou K, Kaga K, et al: Autologous transplantation of fascia into the vocal fold(ATFV); Long-term result of type-1 transplantation and the future. Laryngoscope 115 Dec (Part 2 Suppl): 1-10, 2005.
- 4) 岩田義弘: 検査シリーズ 高速度撮影による声帯振動の評価. 日本耳鼻咽喉科学会専門医通信 97: 22-23, 2008.
- 5) Sekimoto S, Tsunoda K, Kaga K, et al: Commercially available high-speed system for recording and monitoring vocal-fold vibrations. Acta Otolaryngol: (in press).

* * *

第110回 日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会のお知らせ

第110回日本耳鼻咽喉科学会総会ならびに学術講演会を下記の通り開催いたしますので、多数のご参加をお待ちいたします。

記

会 期: 2009年5月14日(木)～16日(土)

会 場: ザ・プリンス パークタワー東京(東京都港区芝公園4-8-1)

宿題報告: 1. 気道アレルギーの成立とその制御 竹中 洋(大阪医大)

2. 内耳性難聴の治療に向けて-病態モデルを用いたアプローチ

原 晃(筑波大)

シンポジウム: 1. 耳鼻咽喉科と Translational Research

2. 耳鼻咽喉・頭頸部領域における最新の医療手技(ビデオシンポ)

パネルディスカッション: 境界領域疾患への対応

特別講演: 月周回衛星「かぐや(SELENE)」について

滝澤悦貞(宇宙航空研究開発機構・SELENプロジェクトマネージャー)

招待講演: 1. Endoscopic surgery -The next frontier (tentative)

2. Minimally invasive surgery -ENT applications in Meniere's disease and acoustic neurinoma-

臨床セミナー: ①後鼻漏への対応, ②補聴器の上手な使用法, ③反復するめまいへの対応, ④難治性耳漏への対応, ⑤突発性難聴治療のEBM, ⑥女性医師が働きやすい環境, ⑦口腔内のウィルス感染, ⑧人工内耳, ⑨画像の読み方

ランチョンセミナー: ①喘息と副鼻腔炎, ②メニエール病の歴史, ③韓国における耳鼻咽喉科最前線, ④頭頸部疾患とPET-CT, ⑤ESS Live Surgery, ⑥多剤耐性菌への対応

問合せ先事務局: 東京慈恵会医科大学耳鼻咽喉科学教室 事務局長: 小島博己

〒105-8461 東京都港区西新橋3-25-8

TEL: 3433-1111 (代), FAX: 03-3578-9208

Homepage: <http://www.gakkai.co.jp/nichijibi110/>

Mail: dai110nichijibi2009@jikei.ac.jp

第110回日本耳鼻咽喉科学会総会会長 森山 寛

内視鏡記録への家庭用光学機器の応用

角田 晃一*

Koichi TSUNODA

● Key Words ● 内視鏡記録. 家庭用光学機器. ビデオカメラ ●

はじめに

近年医療に対する、社会の要求が高まり診療報酬の明細、カルテの開示、などこれまで考えられなかった情報の公開を医療側が請求される時代となった。今後その要求は診療の際の検査、例えば喉頭ファイバー所見の供覧も強いられる時代の到来がくるであろう。一方で、近年の家庭用のカメラ、ビデオ、携帯電話などの発達は目覚ましいものがある。携帯電話で静止画はもちろん動画も撮影

可能であり、小型化やバッテリー、記録媒体の進化により信じられない発展を遂げた。これらの商品の発達はその普及に伴い廉価になりかつては数十万円したビデオカメラも今では数万円で手に入るようになった。

家庭用ビデオカメラの内視鏡記録への応用は、1980年代のYale大学の臨床教授でNew Havenで開業されているYanagisawaの研究が有名である¹⁾。しかしながら、当時のビデオカメラは大型で高価であり、専門外来を除き耳鼻咽喉科診療で

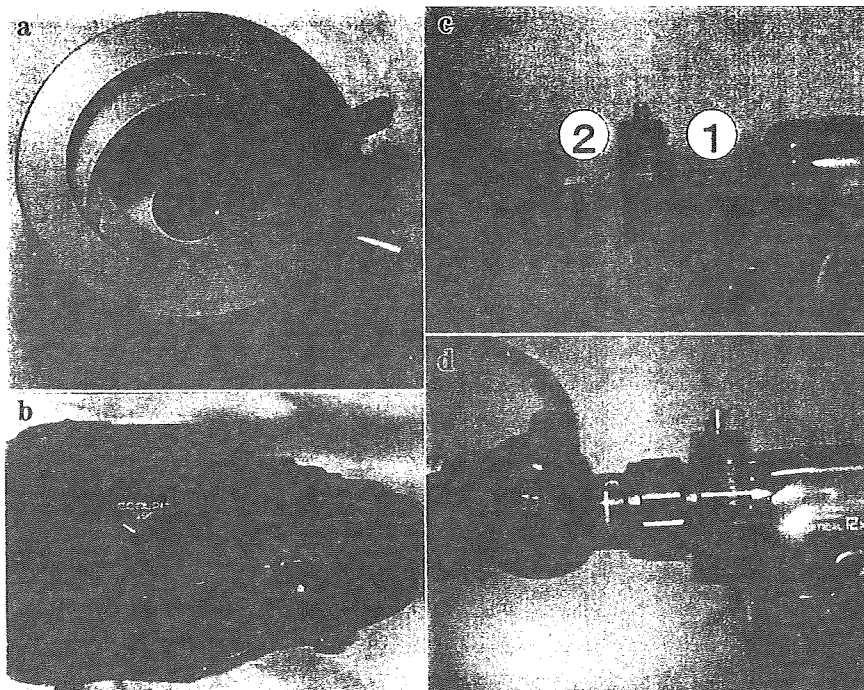


図1 内視鏡用アダプター

a : AT-N アダプター (永島社製)。カメラ、ビデオにより裏面のネジの内径を変更。

b : デジタルカメラ (Cool Pix 995, ニコン社製) に装着。universal-type の内視鏡アダプターのため、すべての内視鏡に装着可能

c : カメラとアダプター接合部

① : まずアダプターをビデオカメラにネジ込み、固定。

② : ついで内視鏡を装着

d : アダプターにより、ビデオカメラと内視鏡が固定。

* 国立病院機構東京医療センター国立感覚器センター人工臓器・機器開発研究部門
〔〒152-8902 東京都目黒区東が丘2-5-1〕

一般に行うには普及を含め問題があった。私も含め、実際の臨床において多くの国内耳鼻咽喉科医は、U-マチック、S-VHS、8 mm video、mini-DV、DVD など記録媒体は進化するものの、基本的に小型の CCD カメラに側視鏡、あるいは軟性鏡をつけて記録、供覧をしている。

静止面の撮影はこれまでのフィルム形式から、デジタルカメラを用いた撮影法に劇的に変化した。Tsunoda A らは 2002 年デジタルカメラのレンズのフィルター用の溝に着眼し、内視鏡と安全に装着するアダプターを発表した²⁾。このアダプターを用いれば、内視鏡は直接カメラに装着可能であり、動画も含めそのまま撮影することが可能である。今後の電子カルテなどに画像は添付可能である。その後、われわれはその原理を、最近の進化した市販のビデオカメラ、ハイビジョンカメラ、ハイスピードカメラに応用している。

今回は、最近普及している廉価な家庭用光学機器を、医療機器と組み合わせることで実際の患者への供覧・記録、医学教育への応用についてこれまで行ってきた方法を紹介する。読者の中にはすでにここに紹介する方法、あるいはそれ以上のものを独自に開発され、実践されている先生もあるいはおられるかもしれないが、ここではあえて PubMed をベースに発表されてきたものとその実際を紹介する。

1. 内視鏡記録・供覧の応用の実際

1. デジタルカメラへの応用 (図 1-a, b)

デジタルカメラは近年普及し、その解像度も増している。普段使い慣れたデジカメにフィルター用の溝があればそれにあわせてアダプターは作成可能である。この際注意点として、内視鏡と本体の重さに耐えうる十分な深さのフィルター用の溝の確認と、フィルターの内径の確認が必要である。われわれは永島医療機器の内視鏡アダプターを Sony 社製、あるいは Nikon 社製に装着して使用している²⁾。

2. ビデオカメラへの応用 (図 1-c, d, 図 2, 3)

デジタルカメラと同様で、カメラのフィルターのアダプターに装着して使用する。われわれは永

Physician can observe not only the larynx,
but also patient's general conditions.

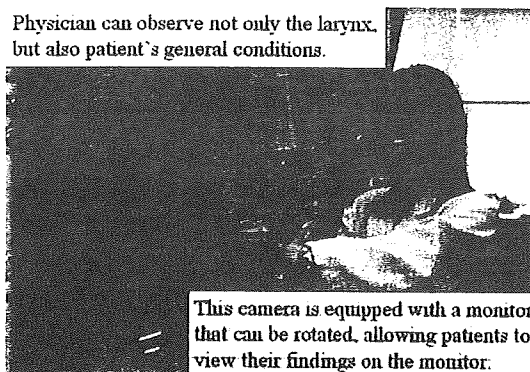


図 2 ビデオカメラの実際 (文献 4 より)

患者、家族は画像を確認、検査と同時にインフォームド・コンセント。医師は喉頭の所見のみならず対面で検査することで患者の全身状態の変化を確認でき、より安全。

島医療機器の内視鏡アダプターを Sony 社製のハンディカム³⁾、とそのハイビジョンタイプ⁴⁾に機種にあわせて内径を変更し装着している。当然音声も同時記録可能である。装着後は zoom をあげることで、モニターいっぱいに表示できる。検査の際はモニターを反転させ患者、家族などがモニターを見て、検査医師はビデオのファインダーをのぞけば解説しながら病変を確認できる。

3. ハイスピードカメラへの応用 (図 4)

Casio 社が 2008 年春発表した F1 ハイスピードカメラは 1 秒間 1,200 コマで撮影可能である。本機器を声帯振動の撮影にわれわれは用いている⁵⁾。一般の耳鼻咽喉科ユニットについたハロゲンランプでも側視鏡に装着することで、600 コマであれば十分な画像が得られ、患者への説明に極めて有用である。1,200 コマの場合、あるいは軟性ファイバースコピーの場合、通常的光源では十分ではなく、光源を強くしたほうが良い。カメラのフィルター用の溝がやや浅く、われわれは安全を期してカメラの三脚用のネジ溝を用いたアダプターを使用し固定を強化している。

また、SD カードは画像処理を早くする必要から最も早いものを選ぶこと、撮影時間は短くするのがコツである (1 秒間 600 コマとしてコマ送りで再生した場合、1 秒間 30 コマが 600 コマとなり単純計算で 20 倍再生に時間がかかる)。研究機器

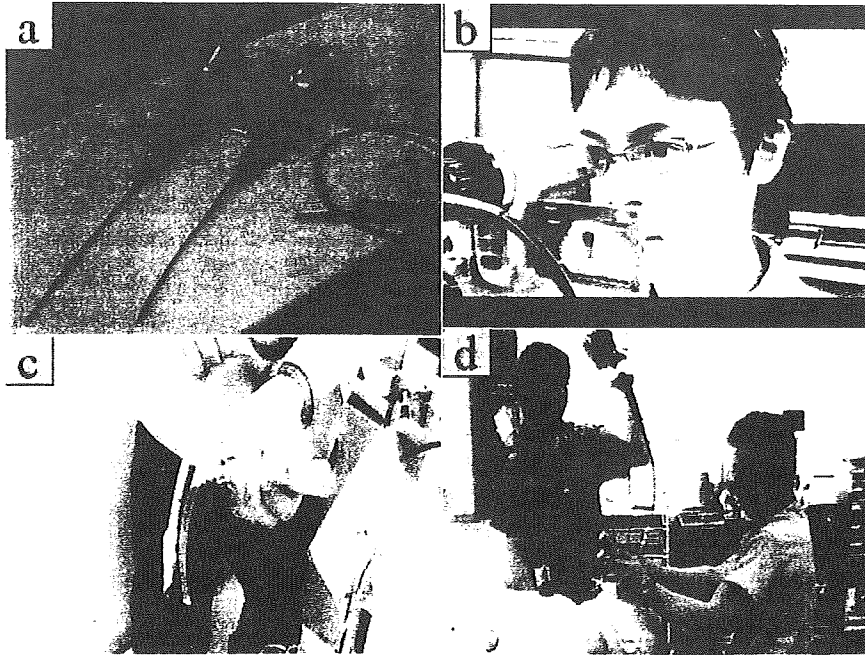


図 3 ビデオカメラの臨床応用

- a : 左は携帯用ファイバーに装着した miniDV カメラ。(470 g) 右はハイビジョンカメラに装着(600 g)。
- b : 学生教育モニターを確認しつつ教官が指導。
- c : 挿管チューブにファイバーを通してのシミュレーション。
- d : 挿管の練習, 指導医の視野を観察できる。

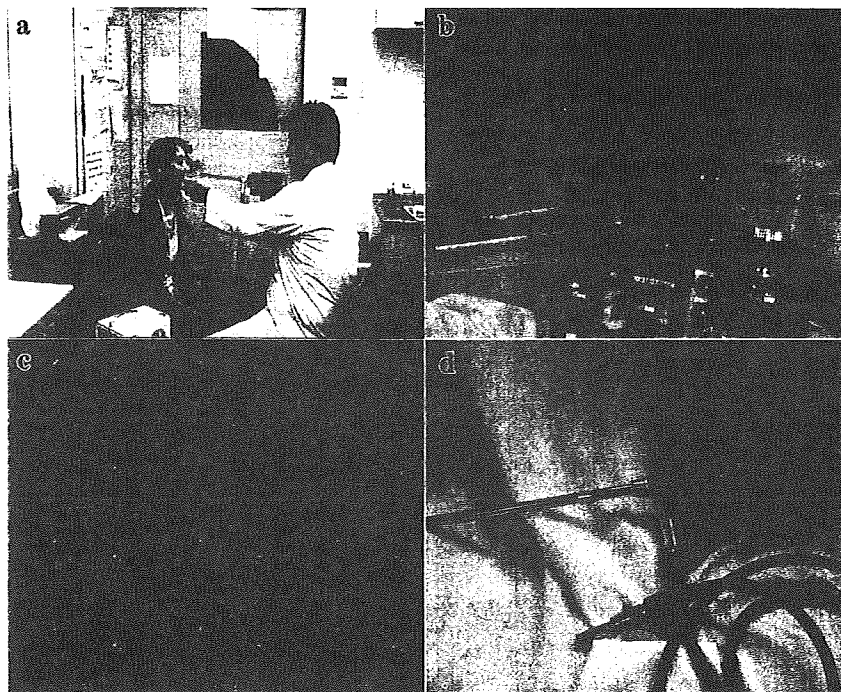


図 4 ハイスピードカメラの応用 (文献5より一部引用)

- a : 一般のハロゲン光源で側視鏡を装着。
- b : 撮影中はモニターに描出。
- c : 画像解析ソフトを用いた左声帯ポリープ画像 (600f/秒)。
- d : アダプターにて接続された側視鏡 (永島 SFT-1) とハイスピードカメラ (Casio F1)。

としては音声を別媒体に記録, さらに画像と同期させる方法や, 眼振の記録, 顕微鏡レベルでの組織の分裂の記録法を開発しているが, 臨床的にはまだ推奨できる段階になく, ここでは割愛する。

まとめ

ここに紹介した内視鏡記録装置は, 市販の機器の転用で安全に, 安く, 高品質の画像と音声記録できる。これまでさまざまな施設で検証されすべて有効であった。

とくにビデオカメラはそのさらなる軽量化に伴い, 光源付きの携帯軟性鏡を組み合わせることで病棟への往診, 訪問医療, 教育, 救急場面で活躍している。そのほか, 市販のハイビジョンカメラに専用アダプターをつけて手術用顕微鏡との組み合わせで安価で高画質の手術記録装置も作成し, 手術記録に応用している。

また, ビデオカメラのナイトビジョンを用いれば, 赤外線カメラとなり血管の強調画像が得られる。われわれは点滴の際の血管の描出, 腫瘍など新生血管の同定や組織新生の同定などに応用している⁶⁾。つまり理論的にはNBIやEPK-1と同様である。

幸いにして, 日本は世界一家庭用光学機器が発達しており価格も含めた各社の競争も激しい, これら記録装置の発展を有効に利用し, 外来で患者・家族へのインフォームド・コンセントのみならず, 即座に効率よく記録に残すことで, 新しい

発見の世界へ向けての報告, 更にはその検証へとつながる。もちろん, これらの機器に対応する精密なアダプターを作製できるのは, 国内耳鼻咽喉科機器のメーカーの世界一の精密技術の賜物である, 日本で臨床ができることはその意味でなにより最高のアドバンテージであろう。

文献

- 1) Yanagisawa E, Casuccio JR, Suzuki M : Video laryngoscopy using a rigid telescope and video home system color camera ; A useful office procedure. *Ann Otol Rhinol laryngol* 90 : 346-350, 1981.
- 2) Tsunoda A, Tsunoda R, Hatanaka A : Endoscopic adaptor for digital camera and digital image filing. *Laryngoscope* 112 : 1308-1309, 2002.
- 3) Tsunoda K, Tsunoda A, Ozawa H, T Fujimine : Inexpensive, high-quality video recording and monitoring system for endoscopes. *Laryngoscope* 115 : 1520-1521, 2005.
- 4) Tsunoda K, Tsunoda A, Ishimoto S, Kimura S : Clinical applications of commercially available video recording and monitoring systems ; Inexpensive, high-quality video recording and monitoring systems for endoscopy and microsurgery. *Surg Technol Int* 15 : 41-43, 2006.
- 5) Sekimoto S, Tsunoda K, Kaga K, et al : Commercially available high-speed system for recording and monitoring vocal fold vibrations. *Acta Otolaryngol* : 2009 (in press).
- 6) Tsunoda K, Sekimoto S, Kondou K : Good news for patients and medical staff ; A new system to assist with intravenous procedures. *Pediatrics* 119 : 420-421, 2007.

* * *

Current Article

加齢と発声機能

牧山 清

耳鼻咽喉科・頭頸部外科

第81巻 第6号 別刷

2009年5月20日 発行

医学書院

加齢と発声機能



■ 牧山 清*

I はじめに

加齢により喉頭の軟骨や関節に解剖学的変化が起こる^{1~4)}。喉頭筋では筋線維の萎縮や数が減少する^{1,2,3,5,6)}。声帯粘膜では lamina propria が疎になり^{7,8)}、声帯靭帯では膠原線維の減少による薄層化が起こる^{9,10)}。このような喉頭の生理的、解剖学的年齢変化が発声機能に影響を及ぼすことが知られている^{1,4,11,12)}。

加齢による声の高さの変化についてはさまざまな報告がある。男性を対象にした研究では、Brown ら¹³⁾は若年者群、中年群、そして 65~85 歳の老年者群に対して、文章朗読時の話声位 (speaking fundamental frequency : SFF) を比較した。老年群は他の群に比較して有意に上昇したと報告している。Mysak¹⁴⁾、Hollien ら¹⁵⁾、Honjo ら¹⁶⁾の報告でも文章朗読時の SFF は老年群で上昇した。一方、SFF が低下するという報告もある^{17,18)}。Endres ら¹⁸⁾は数人の男性を 14~19 年経過を追って声の高さを測定したところ、全例で低下したと報告している。また、声の高さは変化しないという報告もある。Benjamin¹⁹⁾は若年者、老年者各 10 人を比較検討した。男性老年者では軽度低下したが有意差はなかった。Higgins ら²⁰⁾の報告でも同様の結果であった。

女性においても声の高さの変化の検討が行われている。Benjamin¹⁹⁾、Biever ら²¹⁾の研究では、若年者と 60 歳以上の健康者に母音を持続発声させ声の高さを比較したが有意差はなかった。McGlone

ら²²⁾は、79 歳前と 80 歳以降の老年者を比較し、文章朗読時の SFF には差がなかったと報告している。一方、Brown ら¹³⁾の報告では女性老年群は若年群に比較して SFF が有意に低下した。Higgins ら²⁰⁾の研究でも老年女性では声の高さが低下した。このように声の高さに関する研究では男女ともに報告者による違いがある。

声の大きさの老年変化についても報告がある。老年者では音圧 (sound pressure level : SPL) が上昇するという報告²³⁾、低下するという報告²⁴⁾、あるいは変化しない^{21,25)}という異なった結果が報告されている。平均呼気流率 (mean flow rate : MFR) についても若年者と老年者で比較検討が行われている^{21,26,27)}。彼らの報告では MFR は両者間で差はなかった。

呼気は喉頭における音声生成のエネルギー源であり、発声動態を考えるうえで空気力学的評価は重要である。van den Berg²⁸⁾は声門下パワーに対する声門上音響パワーの比を喉頭効率と定義した。声門下パワーは MFR と声門下圧の積で計算される。MFR の測定は比較的容易であるが、声門下圧の測定は被験者への侵襲が大きい。そこで声門下圧の代わりに口腔内圧を測定し、声門下圧を算出する方法が考えられた^{29,30)}。口腔内圧は肺胞内圧の測定のために開発された気流阻止法を用いて測定することができる^{29,31,32)}。気流阻止法で測定される口腔内圧は発声時の肺胞内圧と一致するために呼気圧 (expiratory lung pressure : EP) と呼ばれている。EP は声門下圧より高く、MFR が数百

* まきやま きよし : 日本大学医学部耳鼻咽喉・頭頸部外科学系 (〒173-8610 東京都板橋区大谷口上町 30-1)

表 1 男性群における年代別発声機能検査結果

年齢 (被験者数)	F0 (Hz) mean±SD	SPL (dB) mean±SD	MFR (ml/sec) mean±SD	EP (mmH ₂ O) mean±SD	Resistance (mmH ₂ O/ml/sec) mean±SD
21~29 (21)	120.8±8.8	72.2±2.3	170.0±31.0	55.6±14.5	0.331±0.078
31~39 (23)	120.1±8.6	71.8±2.2	170.7±34.5	56.3±14.6	0.351±0.068
41~49 (18)	118.1±11.0	72.1±2.3	168.2±25.4	58.3±13.6	0.349±0.074
50~59 (24)	118.0±7.7	72.5±2.2	158.9±34.9	54.9±17.3	0.344±0.075
60~69 (27)	118.8±9.9	72.3±2.1	166.4±35.6	54.7±16.8	0.326±0.069
70~79 (29)	117.5±10.7	72.1±2.5	169.5±30.0	47.3±14.3	0.279±0.065
Kruskal-Wallis test	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	p=0.0041*

F0：基本周波数，SPL：音圧，MFR：呼気流率，EP：呼気圧，Resistance：気道抵抗値

*：Mann-Whitney U test で 70 歳代と 20 歳代 (p=0.0144)，30 歳代 (p=0.0009)，40 歳代 (p=0.0018)，50 歳代 (p=0.0015)，60 歳代 (p=0.0268) の間に有意差を認めた。

ml/秒以内であれば声門下圧と一定の関係にある³²⁾。MFR がそれ以上になると下気道の空気抵抗が増加するために、EP と声門下圧の差が拡大する。したがって、EP はある条件内では声門下圧の代用パラメータとしての意味をもつ。EP は発声時の呼気努力を反映するパラメータでもある。声門抵抗が低い、または高い場合は発声時に強い呼気努力が必要になり、発声困難の原因となる。呼気圧の測定はこの動態を客観的に評価することができる³³⁾。このように EP は声門下圧の代用という意味以外に、呼気努力を評価する際に重要な意義をもつパラメータである。このシステムは永嶋医科より発声機能検査装置 PS77E として販売されている。

われわれの音声外来では 1988 年より PS77E を用いて多くの音声障害患者の検査を行い、その臨床的意義を検証してきた^{34,35)}。加齢変化は呼吸機能にも起こる^{1,36~39)}。発声時の呼気努力を直接に反映するパラメータである EP を測定する PS77E は、加齢による発声機能評価に適している。

II 発声機能の加齢変化

気流阻止法は非侵襲的検査であり、健常者のデータ収集に適している。気流阻止法を用いた空気力学的発声機能検査をさまざまな年代の健常者に行い、その測定値を男女別・年代別に比較することで加齢による発声機能変化の検討を行った⁴⁰⁾。

1. 方法

20~79 歳までの音質および喉頭に異常のない男

性 142 例、女性 144 例を対象とした。健常か否かの判定は、聴覚心理的音声評価と喉頭ファイバー検査で行った。楽な発声モード、すなわち楽な高さおよび大きさの母音を持続発声させて検査を行った。気流阻止法で測定される、基本周波数 (fundamental frequency: F0)、SPL、MFR、EP に加えて、MFR に対する EP の値である気道抵抗値について男女別、年代別に検討した。

2. 結果

表 1, 2 に F0, SPL, MFR, EP, 気道抵抗値の mean±SD, および Kruskal-Wallis test の結果を示す。男女ともに、F0 は各年代間に差がなかった。しかし、女性では図 1 に示すように、50 代未満と比較すると、50 代以降の年代群で低かった。そこで、20 歳から 49 歳までの群と、50~79 歳までの 2 群を比較してみたところ有意差を認めた。すなわち、女性では 50 歳以降では F0 が低下した。SPL と MFR では男女ともに年代間の有意差はなかった。EP は男性では年代間の有意差はなかったが、女性では Kruskal-Wallis test で有意差を認めた。各年代間を比較したところ、70 歳代は、20 歳代、30 歳代、40 歳代、60 歳代の各年代に比較して有意に低かった (図 2)。気道抵抗値は男女ともに年代間で有意差を認めた。各年代間同士を比較すると、男性では 70 歳代が他のすべての年代群に比較して有意に低値を示した。女性では 70 歳代は、20 歳代、30 歳代、40 歳代の各年代に比較して有意に低かった (図 3)。すなわち、気道抵抗値は男女ともに老年者で有意に低下した。

表 2 女性群における年代別発声機能検査結果

年齢 (被験者数)	F0 (Hz) mean±SD	SPL (dB) mean±SD	MFR (ml/sec) mean±SD	EP (mmH ₂ O) mean±SD	Resistance (mmH ₂ O/ml/sec) mean±SD
20~29 (26)	213.7±22.4	70.1±2.3	138.0±22.9	53.0±11.3	0.390±0.084
31~39 (22)	211.6±24.5	71.1±2.4	136.2±26.5	52.0±13.4	0.387±0.090
41~49 (22)	211.2±28.5	70.9±2.1	135.6±24.9	49.7±10.4	0.373±0.076
51~59 (20)	199.5±27.0	71.1±2.4	138.0±27.0	48.8±13.5	0.357±0.090
60~69 (28)	201.0±28.2	70.8±2.5	139.6±31.1	48.2±9.0	0.356±0.073
70~79 (26)	199.3±23.1	70.9±2.6	133.2±25.0	42.7±7.2	0.325±0.045
Kruskal-Wallis test	N.S.	N.S.	N.S.	$p=0.082^*$	$p=0.0483^{**}$

F0：基本周波数，SPL：音圧，MFR：呼気流率，EP：呼気圧，Resistance：気道抵抗値

*：Mann-Whitney U test で 70 歳代と 20 歳代 ($p=0.0003$)，30 歳代 ($p=0.0057$)，40 歳代 ($p=0.0111$)，60 歳代 ($p=0.0078$) の間に有意差を認めた。

**：Mann-Whitney U test で 70 歳代と 20 歳代 ($p=0.0044$)，30 歳代 ($p=0.0103$)，40 歳代 ($p=0.0183$) の間に有意差を認めた。

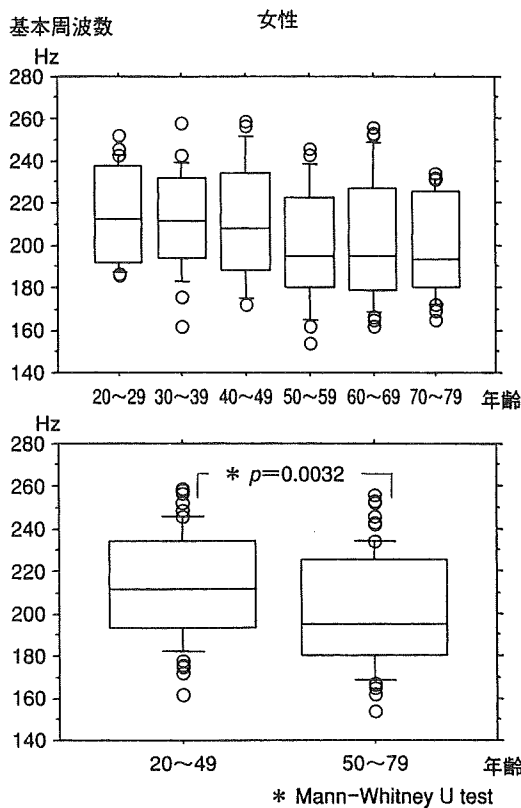


図 1 女性群における年代別基本周波数
年代別の群間差はなかったが、49 歳未満と 50 代以降で有意差を認めた。

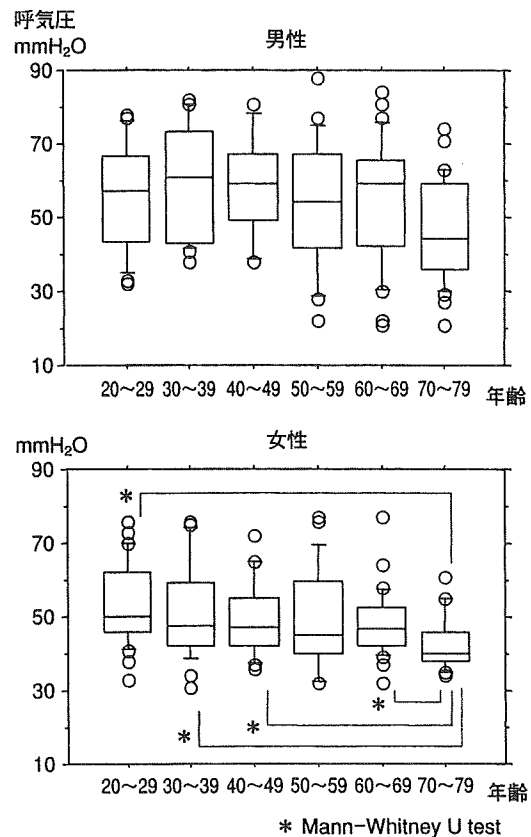


図 2 年代別の呼気圧
男性では群間差はなかったが、女性群では群間差があり、70 歳代と他の年代群の間に有意差を認めた。

3. 考察

F0 は男性では年代による変化はなかったが、女性では 50 歳代以降で低下し、その後の変動はなかった。女性では更年期以降に声の高さが低下す

るといふ報告がある^{41,42)}。本研究結果は彼らの報告を支持した。女性では 40 歳代に入ると、卵母細胞数が減少しはじめる。それに伴い、卵巣機能

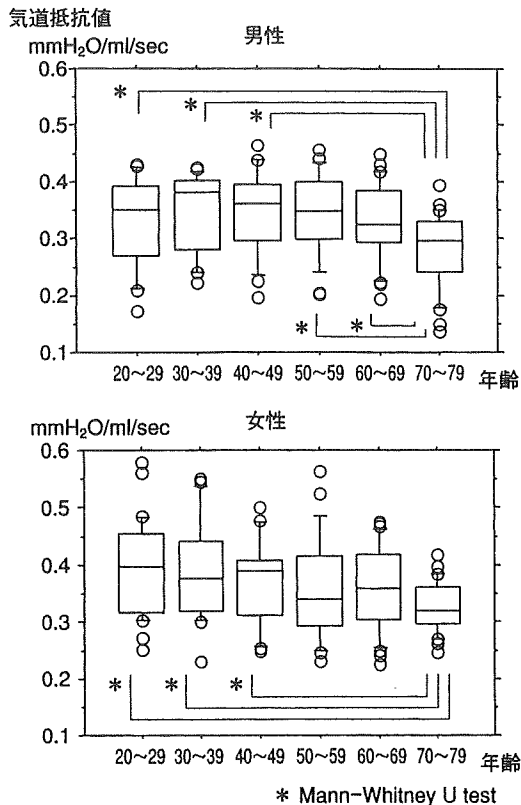


図3 年代別の気道抵抗値
男女ともに群間差があり、各70歳代と他の年代群の間に有意差を認めた。

が低下し、エストロゲンが低下する。50歳前後で閉経となり、50歳代中頃までにはエストロゲンの産生がなくなる。エストロゲン減少による二次的変化として皮膚の萎縮が起こるが、これは閉経後数年のタイムラグで出現する⁴³⁾。更年期女性を対象に、性ホルモン量変化と喉頭変化について比較検討した報告はないが、閉経期から数年の間に、喉頭に二次的変化が起こることが考えられる。今回の女性群のF0変動時期は、この卵巣機能低下時期と一致する。

男女ともに各年代間でF0は有意差がなかった。本研究では楽な発声で測定した。この条件での発声では、声の高さは声帯の物性の影響を受ける。『はじめに』の項で述べた加齢変化により声帯粘膜振動部が硬くなり、柔軟性が低下する⁴⁴⁾。また、加齢により声帯筋肉の質量は減少し、張力は低下する^{6,45)}。声帯を構成する筋、靭帯、粘膜の各組織の加齢変化による声帯の物性変化は単純ではない。

Walkerら⁴⁶⁾の報告では声の高さは対象の63%の例では変動はなかったが、23%の例では低下、13%の例では上昇した。本研究、および同様の方法で行った過去の報告より、楽な発声での母音持続発声では20~70歳代までF0は変動しないと考える^{19,21)}。声帯の老年変化のパターンや程度には個人差があり、暦年齢が必ずしも老化の程度と平行な関係にはない¹¹⁾。

老人では、文章の朗読を指示すると、若年者に比較して大きな声を出す傾向にある²³⁾。本研究では被験者に発声条件を厳密に指導した。その結果、SPLに年齢差はなかった。Morrisら²⁵⁾、Bieverら²¹⁾の研究でも同じ結果であった。本研究でSPLに年齢差がなかったことは、ほかのパラメータを解析する際に重要である。SPLが大きくなると、MFR、EP、気道抵抗値などが上昇することが報告されている^{29,32,47)}。これらの値を検討する際にはSPLに差がないことが基本になる。

MFRはBieverら²¹⁾の報告同様に年代差はなかった。Merconら²⁶⁾、Hoitら²⁷⁾の研究でも同様であった。EPは男性では年代間の有意差はなかった。一方、女性では70歳代で低下した。Merconら²⁶⁾は女性を対象として、Morrisら²⁵⁾、Hoitら²⁷⁾は男性を対象として、口腔内圧の老年変化を検討した。その結果、老年群と若年群との間に差がなかったと報告している。彼らが測定した口腔内圧は気流阻止法の呼気圧とは異なる。Smitheranら⁴⁸⁾が報告したこの測定法は、発声途中に口唇で呼吸を遮断し、その直後の口腔内圧を測定する方法である。気流阻止法とは圧の測定法方位が異なる。PS77Eでは、発声時に口腔前で気流阻止シャッターが気流を阻止する。その直後は肺胞内圧が口腔内圧よりも高いために、気流を阻止したにもかかわらず呼吸は流れる。しかし、口腔内圧が上昇し、肺胞内圧との差がなくなると、呼吸は停止する。この口腔内圧と肺胞圧が平衡になるまでに気流阻止後200 msecを要する、圧が平衡になった以降も400 msecはその状態が保たれる²⁹⁾。平衡になった時点での圧が正確な呼気圧である。また気流阻止法では口を開いた状態で測定し、圧測定時にもこの状態は変化していない。Smitheranら⁴⁸⁾の方法では口唇を開いたり閉じたりしている。口腔内の

表 3 男性若年群と老年群における音圧負荷検査時の発声機能検査結果

	F0 (Hz) mean±SD	SPL (dB) mean±SD	MFR (ml/sec) mean±SD	EP (mmH ₂ O) mean±SD	Resistance (mmH ₂ O/ml/sec) mean±SD
20 歳代男性					
Comfortable intensity	121.4±9.4	72.1±2.4	161.1±27.0	54.9±15.0	0.342±0.077
High intensity	120.6±11.6	80.7±1.3	193.2±39.8	84.6±10.2	0.453±0.088
Wilcoxon rank test	N.S.	p=0.0003	p=0.0010	p=0.0003	p=0.0012
70 歳代男性					
Comfortable intensity	117.3±12.1	72.3±2.5	170.0±30.7	48.0±13.3	0.284±0.067
High intensity	119.2±10.8	80.7±1.7	207.7±66.6	62.9±19.9	0.315±0.081
Wilcoxon rank test	N.S.	p=0.0001	p=0.0031	p=0.0051	N.S.

F0：基本周波数，SPL：音圧，MFR：呼気流率，EP：呼気圧，Resistance：気道抵抗値

形状が変わるために、呼気流率と口腔内圧の測定条件が異なる。呼気流率と呼気圧から算出する気道抵抗値もわれわれの方法とは異なった値になる。このように、彼らの方法と気流阻止法は圧測定の原理は同じでも、測定方法は厳密には異なる

老年者では肋軟骨の石灰化や呼吸筋力の低下により胸郭の拡張能力が低下する⁴⁹⁾。肺胞の柔軟性が低下し、肺の弾性力が低下する¹⁾。呼吸筋収縮力の低下、肺組織の萎縮、胸郭の硬化、下気道狭窄なども報告されている⁵⁰⁾。呼気圧は拡張した胸郭が安静状態に復元する際に生じる。胸郭の拡張能力の低下、肺の弾性力の低下、肺胞の柔軟性の低下などは、呼気圧の生成に影響を及ぼす。このように、加齢により呼気圧の生成能力は低下すると考えられ、これが70歳代女性でEPが低下した要因であろう。当然、男性でも加齢より呼気圧の生成能力は低下するが、少なくとも楽な発声においては加齢の影響はなかった。

Merconら²⁶⁾は男性例で、Hoitら²⁷⁾は女性例で、口腔内圧から算出した気道抵抗値を若年者と老年者と比較検討した。その結果、男女ともに若年者と老年者の間に差がなかった。われわれの結果では、男女ともに70歳代では気道抵抗値が低下した。この原因として声帯筋の質量の低下、声帯靭帯の薄層化、声帯粘膜の萎縮などが考えられる。

この研究は楽な声の高さ大きさによる母音持続発声での検討であった。この発声モードは自動車に喩えればアイドリング状態であり、発声時に大きな呼気調節や喉頭調節は行われぬ。

III 音圧負荷検査による検討

アクセルを踏んだ状態、すなわち音圧を増加させた際のパラメータ変化を検討した研究は以前から行われている。Leeperら⁵¹⁾は平均年齢26歳の15人の女性を対象にして、Stathopoulos⁵²⁾は22～34歳の男女20人を対象にして、Holmberg⁵³⁾は平均年齢22歳の男性25人と平均年齢24歳の女性20人を対象にして、音圧増加時の子音発声時口腔内圧変化を検討した。いずれの研究でも、対象は若年者のみであるが、音圧が増加すると口腔内圧は上昇した。

われわれは別の研究で、健常者、片側声帯麻痺患者、ポリープ様声帯患者を対象にして、MFR、EP、気道抵抗値の関係から、呼気調節や喉頭調節の程度を検討した⁴⁷⁾。この研究では、楽な発声に加えて、音圧負荷をかけた発声モードで発声機能検査を行った。この結果、健常者では大きな声を出す場合に、呼気圧上昇幅よりも気道抵抗値上昇幅のほうが大きかった。一方、片側声帯麻痺患者では、音圧上昇時の気道抵抗値の変化は小さく、EPとMFRが大きく上昇した。声門抵抗および喉頭調節能力の低下した声帯麻痺患者では、主に呼気調節により声の大きさを調節していることが示唆された。このように、音圧負荷検査を行うことで、喉頭調節能力や呼気調節能力がより明確になることがわかった。老年者では、喉頭に加齢変化により喉頭調節能力低下が起こると推測される。若年群と老年群に対して音圧負荷検査を行い比較検討した⁵⁴⁾。

表 4 女性若年群と老年群における音圧負荷検査時の発声機能検査結果

	F0 (Hz) mean±SD	SPL (dB) mean±SD	MFR (ml/sec) mean±SD	EP (mmH ₂ O) mean±SD	Resistance (mmH ₂ O/ml/sec) mean±SD
20 歳代女性					
Comfortable intensity	230.7±22.4	70.5±2.4	136.6±21.1	51.5±10.9	0.380±0.071
High intensity	231.7±21.0	79.9±1.8	179.0±44.1	81.9±14.3	0.470±0.077
Wilcoxon rank test	N.S.	<i>p</i> =0.0001	<i>p</i> =0.0001	<i>p</i> =0.0001	<i>p</i> =0.0001
70 歳代女性					
Comfortable intensity	193.1±16.5	71.1±2.6	132.7±23.6	41.7±7.7	0.317±0.049
High intensity	193.0±15.5	80.7±2.1	191.1±54.5	64.3±18.0	0.345±0.079
Wilcoxon rank test	N.S.	<i>p</i> =0.0001	<i>p</i> =0.0001	<i>p</i> =0.0001	N.S.

F0：基本周波数，SPL：音圧，MFR：呼気流率，EP：呼気圧，Resistance：気道抵抗値

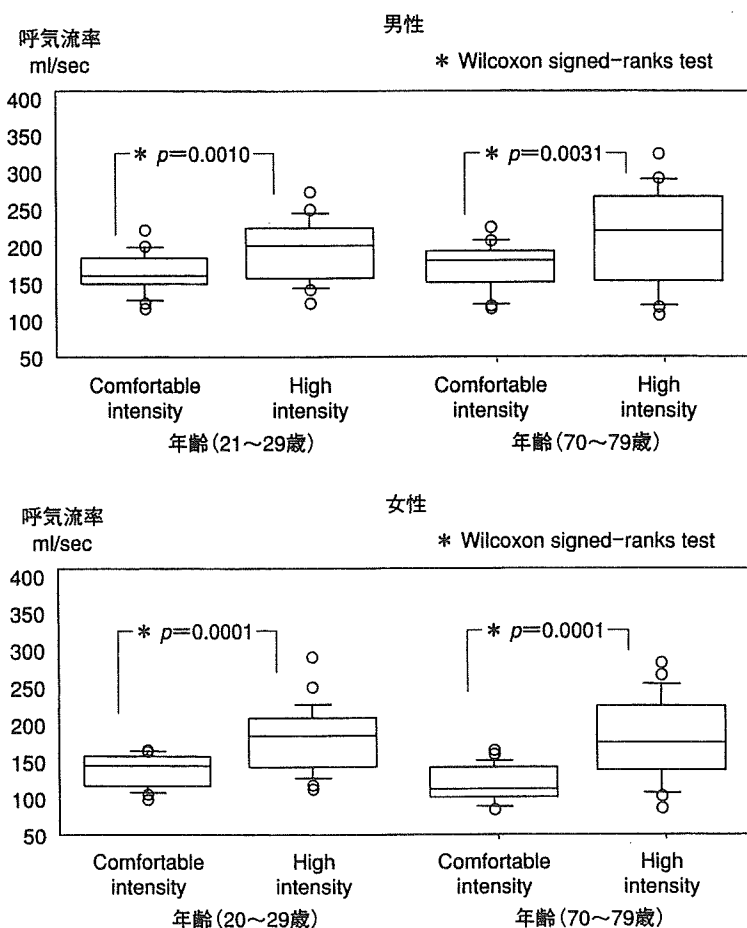


図 4 若年群と老年群における音圧負荷時の呼気流率の変化
両年代群とも大きな声での発声では呼気流率が有意に上昇した。

1. 方法

音質および喉頭に異常のない 20 歳代男性 21 名，70 歳代男性 29 名，20 歳代女性 26 名，70 歳代女性 26 名に音圧負荷検査を施行した。楽な高さ大

きさの声を発声させ，声の高さを変化させないで大きな声を発声させた。対象のなかで声の高さを変化させないで大きな声が出せた被験者は，男性が 21～29 歳（平均年齢 24.4 歳）の 17 名と 70～79

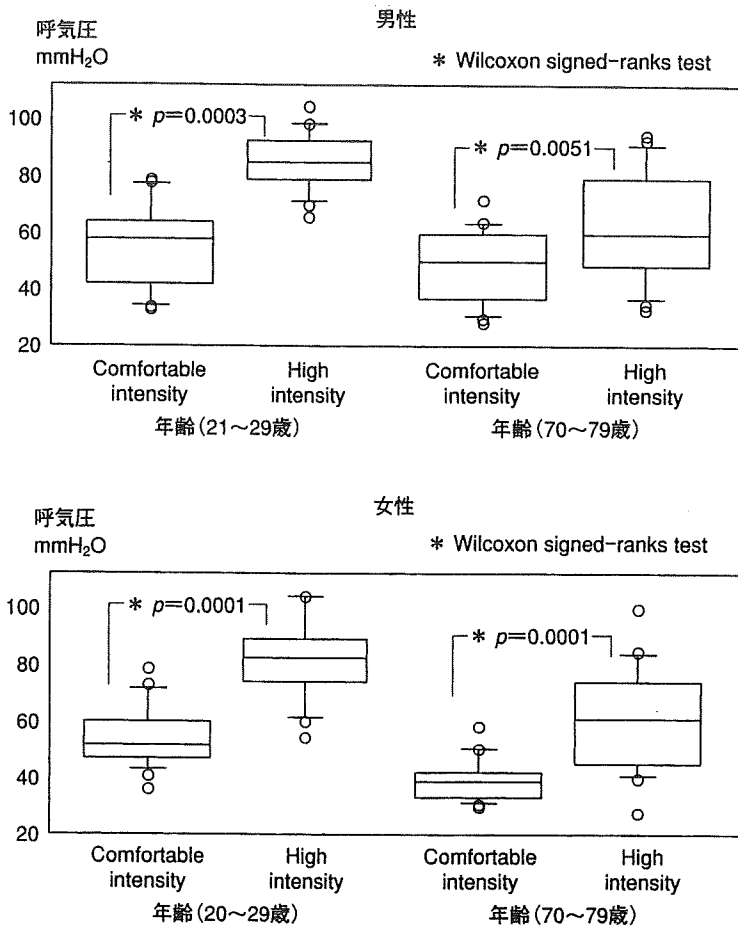


図5 若年群と老年群における音圧負荷時の呼気圧の変化
 両年代群とも大きな声での発声では呼気圧が有意に上昇した。

歳(平均年齢 72.8 歳)の 19 名であり、女性が 20~29 歳(平均年齢 24.2 歳)の 22 名と 70~79 歳(平均年齢 74.7 歳)の 23 名であった。この合計 81 名を評価の対象にした。

2. 結果

測定結果を表 3, 4 に示す。F0 は両年代群ともに、楽な発声と大きな声での発声との間に有意の差はなかった。MFR は両年代群ともに大きな声での発声では有意に高値を示した(図 4)。EP も同様の結果であった(図 5)。気道抵抗値は 20 歳代で有意に高値を示したが、70 歳代では有意差はなかった(図 6)。

3. 考察

MFR と EP は両年代群ともに大きな声での発声で上昇した。前述したように、EP は発声時の呼気努力を直接に反映するパラメータである。EP

が上昇したことは、SPL を上昇させるために大きな呼気努力が必要であることを示している。MFR の上昇は EP 上昇による二次的な結果である。

Tanaka ら⁵⁵⁾は SPL を変化させたときの、発声時肺胞内圧と呼気流量を plethysmographic and pneumotachographic procedures を用いて同時測定した。対象は平均年齢 31.3 歳の男性 4 人と平均年齢 28.3 歳の女性 6 人であった。われわれの結果と同様に SPL を上昇させると流量と圧はともに上昇した。Baker ら⁵⁶⁾は 24~28 歳の若年男女 4 人と 68~79 歳の老年男女 5 人に対して、soft, comfortable, loud level の発声を行い、子音発声時の口腔内圧を測定した。彼らの研究でもわれわれの結果と同様に、若年者、老年者ともに大きい声で圧が上昇した。

大きな声では声帯筋緊張度が増加することが報

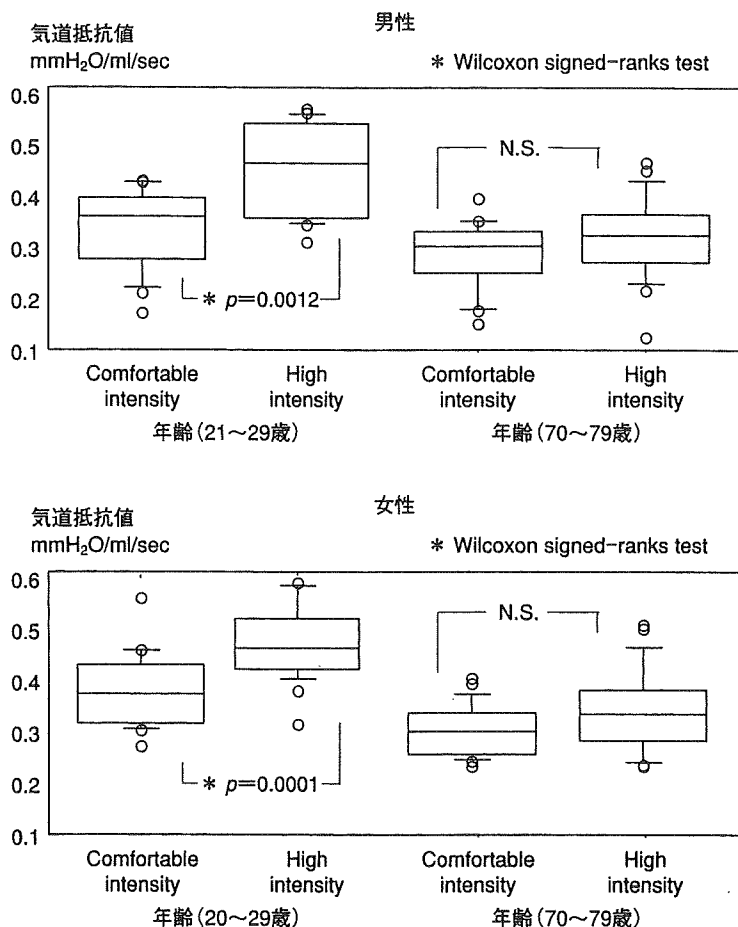


図 6 若年群と老年群における音圧負荷時の気道抵抗値の変化
 男女ともに 20 歳代で気道抵抗値は有意に高値を示したが、70 歳代では有意差はなかった。

告されている⁵⁷⁾。声帯筋が緊張すると声門抵抗が増加する。今回の研究結果から、70 歳代では音圧負荷時の声門抵抗上昇幅が少ないと考えられる。Baker ら⁵⁶⁾は若年者 4 名、老年者 5 名に対して音圧上昇時の甲状披裂筋筋電図検査を行った。その結果、SPL 上昇に伴う振幅増加程度が若年者に比較して老年者では小さかった。われわれおよび Baker ら⁵⁶⁾の研究結果は、老年者では音圧増加時の声門調節が弱いことを示唆している。

健康老年者では、声の雑音成分が増えるという報告がある^{58,59)}。Ferrand⁵⁹⁾は各 14 人の若年群、中年群、老年群の女性を対象にして持続発声母音の音響分析を行った。Harmonics-to-noise ratio は若年群、中年群ではそれぞれ平均 7.82 dB、7.86 dB であったが、老年群では平均 5.54 dB と低かった。

雑音比率増加要因は発声時の声門気流雑音が増えるためである。その原因として発声時の声門閉鎖不全が考えられる。本研究の被験者は楽な発声での音質は正常であったが、大きな声での発声では 20 歳代では GRBAS scale の S スコアが、70 歳代では B スコアが上昇した例が多かった。20 歳代では声門抵抗を増加させたことにより努力性発声になり、70 歳代では声帯間を呼気が通過する際に雑音成分が生じるために氣息性発声になったのであろう。

IV おわりに

楽な発声による検討では、F0 は男性では年代差がなかった。女性では 49 歳以前に比較して 50 歳以降で F0 が低下した。70 歳代では男女ともに気