■特集＜音声外科の現状と将来・検査，手術，周辺領域編＞

喉頭内視鏡検査

磯貝 豊

要 約：喉頭内視鏡検査の現状について，喉頭ファイバースコープ，電子内視鏡，前方斜視型硬性内視鏡，カーブドラリングスコープを用いた検査の原理と方法を中心に検討し，デジタル画像処理技術の急速な発展による将来への期待を述べた。

索引用語：喉頭内視鏡，喉頭ストロボスコーピー，ストロボグラフィー

Present Status and Future Outlook of the Laryngeal Endoscopy

Yutaka Isogai

Abstract : The present status of laryngeal endoscopy using a flexible laryngofiberscope, videoendoscope, oblique-view type laryngoscope and curved laryngoscope was discussed, along with the future outlook to be expected from the rapid development of the digital image processing technique.

Key words : laryngeal endoscopy, laryngostroboscopy, strobography

喉頭内視鏡による検査

喉頭内視鏡には，現在のところ，次のタイプがある。

1. 撓性（軟性）内視鏡

①喉頭ファイバースコープ

②電子内視鏡

2. 光学レンズ式（硬性）内視鏡

①前方斜視型硬性内視鏡

②曲達型硬性内視鏡（カーブドラリングスコープ）

1-①喉頭ファイバースコープ（図1）：喉頭ファイバースコープ（以下，喉頭ファイバー）の第1の適応は，成人で絞扼反射が強い症例や幼児など，間接喉頭鏡による観察が困難な症例である。絞扼反射が強い成人でも，喉頭ファイバーを経鼻的に挿入するとほとんど反射をおこさないため，咽喉頭部の表面麻酔なしに検査を行えるからである。

喉頭ファイバーで大切なことは患者の頭位である（図2）。前屈気味の頭位だと，喉頭蓋が咽頭後壁側へ倒れ込むため喉頭内腔を観察しにくい。ファイバ

図1 喉頭ファイバースコープ

図2 喉頭ファイバー時の頭位による喉頭の見え方の変化

一が喉頭蓋に触れて喉頭反射や絞扼反射を起こしやすい。頭位を後屈させると喉頭蓋が前方に起き上がるので、喉頭内腔を観察しやすくなる。

喉頭内腔の粘膜に触れないように、喉頭ファイバーをそっと慎重に声帯に近づくことによってかなりの拡大観察を行うことができるが、喉頭反射や絞扼反射が強い場合や、鉗子チャネル付きのファイバーでパンチバイオプシーや手術を行う場合には、4%キシロカインによる表面麻酔を行う。

1-②電子内視鏡(図3): 喉頭内視鏡による検査にあたっては、内視鏡にTVカメラを接続し、所見をビデオ記録しておくことが重要である。

しかし、喉頭ファイバーは、グラスファイバー束をイメージガイドとしているため、次項で述べるレンズ系の内視鏡とくらべて、解像度が劣るという問題がある。

そこで、はじめからビデオ記録を前提として、グラスファイバー束のイメージガイドに変えて、ファイバーの先端に超小型CCDカメラチップを直接装着したので電子内視鏡¹⁾である。CCDの解像度を直接反映した画像がえられるため、解像度が飛躍的に向上した。

喉頭用として実用化されている機種は、ファイバーを細径にする必要上、先端部に装着するCCDチップを、現状ではまだサイズが大きなカラーチップではなく、現状でもサイズが十分小さいモノクロ(白黒)チップを採用しているので、モノクロ画像をカラー画像に変換するのに撮像方式としてRGB面順次方式を採用している。

図3 電子内視鏡

これは、R(赤色)G(緑色)B(青色)の各フィルターで3等分した1枚の回転フィルターを光源の前で高速で回転(30ms/1回転)させ、画像処理装置を介してモノクロ画像を1回転あたり1フレーム(30フレーム/秒)のカラー画像として再構成する方式である(PENTAXの説明)。

このため、断続した閃光光源を用いる喉頭ストロブスコープには原理的に使用できないという弱点がある。

2-①前方斜視型硬性内視鏡(図4): これは、ストレーットの光学レンズ式(硬性)内視鏡である。観察方向は70°が標準であるが、山下²⁾は60°を推奨している。

経口挿入を行うが、通常は表面麻酔は不要である。口呼吸をさせながら挿入すると、軟口蓋が挙上するので挿入しやすい。

図4 前方斜視型喉頭鏡

前連合部を観察するためには内視鏡を前下方に傾ける必要があるが、そのとき、手元の位置を動かさずに、先端部だけを下方に下げようとするとき、舌根部を力で押さえ込んでしまつて絞扼反射を惹起しやすいので、むしろ、先端部はそのままの位置にして、手元を軽く上にあげて上歯列に接するようにする感じの方が反射を起こしにくい。

一般的に、「エー」と発声させるよりも「イー」と発声させるほうが喉頭蓋が起き上がって前連合部を観察しやすいが、「イー」発声は、人によっては舌根部が隆起してかえつて絞扼反射を惹起してしまうことがあるので、その場合は発声練習をさせるとよい。

2-②曲達型硬性内視鏡(ペンタックス製カーブドラリングマイクロスコップ)(図5):前方斜視型硬性内視鏡検査で、喉頭蓋に邪魔されて前連合部を観察できない場合や、マイクロ下にさらに詳細に観察する必要がある場合には、曲達型硬性内視鏡(カーブドラリングマイクロスコップ)が有効である。

これは、喉頭蓋を越えて喉頭内腔まで先端部を近接させられるよう、喉頭捲綿子様に鏡体をカーブさせた光学レンズ式(硬性)の内視鏡であり、近々、鉗子チャネル付きの機種が発売される予定である。

先端部を喉頭内腔に挿入させるため、4%キシロカインの喉頭注入による表面麻酔が必須である。

鉗子チャネル付きの機種を用いれば、パンチバイオペシーや簡単なポリープ切除術などに限っては、直達鏡による喉頭顕微鏡下手術に匹敵する検査と処置を行える。

ストロボスコープによる声帯振動の観察

1. 喉頭ストロボスコーピーの意義

喉頭ストロボスコーピー(以下、喉頭ストロボ)は、

図5 カーブドラリングマイクロスコップ

図6 喉頭ストロボスコーピーの原理

発声中の声帯の振動をスローモーション像ないしは静止像として観察する方法である。発声中の声帯の振動様式を観察することによって、音声障害の原因を声帯振動の異常と関連づけて診断することができるだけでなく、声帯振動状態をモニターしながら手術を行ったり、声帯振動の改善度から術後の評価をすることができるという点で、喉頭ストロボは音声外科に不可欠の方法である。

2. 喉頭ストロボスコーピーの原理(図6)

発声中の声帯が定期的に振動しているときは、音声の基本周波数(F_0)あるいは基本周期(T)は一定である。

そこで、音声の基本周期(T)と同じ時間間隔で十分短い閃光(ストロボ光)を発光させると、ストロボ光は常に一定の声帯振動位相で発光することになるの

で、見かけ上、声帯振動はストロボ光が発光する振動位相で静止しているかのように見える。音声の基本周期 (T) よりごくわずかの時間 (Δt) だけ発光間隔を長くしてストロボ光を発光させると、ストロボ光が発光するタイミングは、1 回発光するごとに、前回発光した声帯振動位相より Δt だけ進んだ振動位相で発光することになるので、見かけ上、声帯振動は順方向にゆっくり振動してみえる。

3. 声帯振動概念

声帯振動の本質は、声帯内側下面から上面外側に向かって連続的に移動する粘膜隆起を波頭とする進行波 (travelling wave) 現象である。この進行波は、閉鎖期から開大期にかけて声帯内側下面から上面に向かって移動し、閉小期に入ると、引き続き連続して外側に向かう波と、逆方向の内側下面に向かう波とに分裂する。

声帯上面からは、閉鎖期から開大期にかけて声帯内側下面から上面に向かって移動する進行波の波頭が「上唇」としてみえ、閉小期に、この波頭が引き続き連続して外側に向かって移動する現象が「粘膜波動」として観察され、同時に、粘膜波動と逆方向の内下方に向かう分裂した波頭が「下唇」として観察される。

喉頭癌や嚢胞、術後瘢痕などの粘膜硬化病変では、粘膜波動の進行が障害される。

4. 喉頭ストロボグラフィ

喉頭ストロボスコーピー時に、声帯振動と同期して振動する音声関連信号 (音声信号・EGG・声門下圧などの物理的信号) も声帯振動像と同期的にビデオ記録し、両者の定量的関係を解析する方法が喉頭ストロボグラフィである。

声帯前後軸に直交する任意の位置の声帯像と、同じ位相の音声関連信号とを合成して、128 フィールド分

の振動周期を 1 枚の画像として継時的に連結表示したものがストロボグラム (図 7) である。

図 7 は、任意の位置で指定した声帯振動画像の解析区間の画像だけを 128 フィールド分だけ継時的に連結したものを左欄に、これに同期した位相における EGG 信号を中央に、音声信号を右欄にスーパーインポーズしたストロボグラム (無関位発声) である。

2 周期分の振動様式が 1 枚の画像で一目瞭然にわかる。また、声帯上面の血管群の水平方向の振動様式が、まるで地図上の等高線のようにはっきりみえる。声帯上面の血管の水平方向の移動距離は、最内側の血管が最大で、外側に向かうほどその移動距離が小さくなっており、最内側の血管と最外側の血管との距離は CLOSED PHASE の最後の位相で最大となり、CLOSING PHASE の途中で最小となっている。

画面中央欄の EGG 信号が右端になる位相は CLOSED PHASE の始まりの位相に一致しており、CLOSED PHASE の最後、OPENDING PHASE の起始の位相では、未だ両端の中央部あたりにあるが、OPENED PHASE で左端位相になる。

喉頭内視鏡検査の将来

喉頭内視鏡検査の目的は、いかに精密に、簡単に、かつ、患者に負担を掛けずに喉頭所見を観察・記録・解析できるかということにある。

この点で、さきに述べた現在の内視鏡検査はまだまだ限界があり、将来の発展に期待が大である。特に、最近のコンピュータによるデジタル画像処理技術の進歩には目を見張るものがあり、この面での期待が大きい。

その 1 例が電子内視鏡の開発であるが、しかし、これも近いうちに、超小型のカラー CCD チップが開発され、モノクロチップを用いた現行の面順次方式は不要となると思われる。そうなれば、電子内視鏡による喉頭ストロボも可能となる。

それどころか、5000 フレーム/秒の超高速の高感度小型 TV カメラも安価で提供されるようになり、喉頭ストロボ自体が不要となる時代がすぐにくる予感がある。

また、2 次元内視鏡の解析機能の向上だけでなく、3 次元 (立体) の内視鏡による立体計測も高度化し、たとえば声帯振動における粘膜波動の波高と速度の正確な計測が可能となることが期待され、さらには、組織の厚さや硬さなども内視鏡下に非侵襲的に計測可能となり、もっといえば、組織を採取しないでも非侵襲的に病理組織診断が可能となることが来るのが期待

図 7 無関位発声のストロボグラム

される。そこまで行けば、内視鏡検査だけでなく、内視鏡下治療法も全く一新されているだろう。

文 献

- 1) 川井田政弘, 福田宏之, 他: 鼻咽喉電子内視鏡 (PENTAX VNL-1530) を用いた喉頭観察. 日気食会報, 45: 278-285, 1994.
- 2) 山下公一: 内視鏡的診断・治療と耳鼻咽喉科—第96回日本耳鼻咽喉科学会総会宿題報告—, 金沢医科大学出版局, 千葉, 1995.
- 3) 斎藤成司, 磯貝 豊, 他: Curved Laryngoscope の開発. 日気食会報, 32: 328-331, 1981.
- 4) 村上 泰, 磯貝 豊, 他: 喉頭・下咽頭の正常画像. 講談社耳鼻咽喉科診断治療大系, 7巻, 66-77頁, 1987.
- 5) 磯貝 豊: 喉頭内視鏡検査のコツ. 日気食会報, 41: 472-473, 1990.
- 6) 磯貝 豊: 硬性鏡・喉頭直達鏡による喉頭の観察. JOHNS, 8: 247-254, 1992.
- 7) 磯貝 豊: X線ストロボスコーピーによる声帯振動の解析. 耳鼻, 27: 883-930, 1981.
- 8) 磯貝 豊: ストロボスコーピー—器械の使い方と臨床的意義—. 耳鼻と臨床, 31: 859-862, 1985.
- 9) 磯貝 豊: 喉頭ストロボスコーピーによる声帯振動の観察. 第46回日本気管食道科学会研修会テキスト: 1-10, 1994.
- 10) 磯貝 豊: Strobography による喉頭機能検査. 喉頭, 6: 91-96, 1995.
- 11) 磯貝 豊: デジタルサブトラクションX線ストロボスコーピーによる声帯振動の解析. 喉頭, 6: 140-146, 1995.
- 12) 磯貝 豊: 立体 (3D) 喉頭ストロボスコーピー. 喉頭, 6: 147-151, 1994.

別刷請求先: 〒160 東京都新宿区信濃町9-2

東京電力病院耳鼻咽喉科

磯貝 豊