電子内視鏡を用いた喉頭内視鏡検査

川井田 政 弘¹⁾・福田 宏 之²⁾・甲 能 直 幸³⁾

Laryngoendoscopic Examination with a Electronic Endoscope System

Masahiro Kawaida¹⁾, Hiroyuki Fukuda²⁾ and Naoyuki Kohno³⁾

Laryngoendoscopic observations and recordings of dynamic image obtained from patients with laryngeal lesions are performed using a rhino-larynx electronic endoscope system. The electronic endoscope differs from the flexible fibroscope in that it contains a small light-sensitive CCD chip which is attached to the tip of the flexible endoscope. This rhino-larynx electronic endoscope has the small CCD camera in the tip portion of approximately 5mm in diameter and can be passed through the nasal passage into the laryngeal cavity. The dynamic image provided by this electronic endoscope system is superior to that obtained by a fiberoptic endoscope in resolution of the detail. Some clinical cases observed by this system are presented.

Key words : 鼻咽喉電子内視鏡, 電子内視鏡システム, 電子スコープ, 喉頭内視鏡検査, RGB 面順次方式

はじめに

最近, 軟性スコープの先端に超小型の CCD カメラが組み込まれ, 従来はグラスファイバー束などの光学系を介して送られてきた画像が電気信号に変換され, 電気ケーブルを介して伝送され, カラーテレビモニターに鮮明な画像が再現されるようになった。これが電子内視鏡システムである。最近になって, 耳鼻咽喉科領域でも電子内視鏡システムが臨床応用されるようになった。今回, 旭光学工業の鼻咽喉電子内視鏡 PENTAX VNL-1530 を用いたシステムならびにオリンパス光学工業の電子内視鏡システム EVIS-200 に鼻咽喉電子内視鏡試作機種を使用する機会を得た。これらの鼻咽喉電子内視鏡システムによる喉頭内視鏡検査について紹介する。

電子内視鏡システムの原理・撮像方式

1. 固体撮像素子

電子内視鏡先端部のイメージセンサーとして, 固体撮像素子のひとつである電荷結合素子 (charge coupled device: CCD) が用いられている。CCD には画素と呼ばれる光電変換部が存在し, 光の明暗に応じた電気信号が時系列的に得られる。

2. カラー撮像方式

カラーの動画像を得るために, 光学系のどこかにカラーフィルターが設置されるが, その方式の違いにより, RGB 面順次方式と同時方式の 2 種類に分類される。

RGB 面順次方式は light guide 用グラスファイバー束と光源との間に, RGB 回転フィルターが回転し, 赤 (R), 緑 (G), 青 (B) の順番で光信号が内視鏡先端に送られて対象物を照らす。CCD のひとつの画素が, これをとらえ, 時系列順に変換された赤および緑, 青の画像の電気信号がビデオプロセッサに送られ, 画像メモリーに記憶される。3 種類の色信号がメモリーに揃ったところで, 1 枚のカラー画像を構成し, モニターに再生される。

同時方式は光源からの白色光が直接に対象物を照らす。CCD の受光面に RGB 機能を有するモザイク状カラーフィルターが存在し, 3 色の色ごとに割り振られた CCD の画素で同時に電気信号に変換され, ビデオプロセッサに送られ, それぞれの画素からの信号を演算処理して標準テレビ信号 (またはビデオ信号) に変換してモニターに再生される。

鼻咽喉用の電子内視鏡は経鼻挿入ができるように, 小型の CCD カメラを内視鏡先端部に組み込める RGB 面順次方式が採用されている。

使用装置

RGB 面順次方式を採用する電子内視鏡システムはキーボード付きビデオプロセッサならびに光源装置, 内視鏡部, カラーテレビモニターの 4 つである。メーカーによってはビデオプロセッサに光源装置が内蔵されているものもある。これに, 各種のオプションが接続できる。

1) 東京都立大塚病院耳鼻咽喉科

2) 慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科学教室

3) 順天堂大学医学部耳鼻咽喉科学教室

1) Department of Otolaryngology, Tokyo Metropolitan Ohtsuka Hospital, Tokyo

2) Department of Otolaryngology, Keio University School of Medicine, Tokyo

3) Department of Otolaryngology, Juntendo University School of Medicine, Tokyo

図1 観察・診断用鼻咽喉電子内視鏡 PENTAX ビデオ鼻咽喉スコープ VNL-1530

1. ビデオプロセッサ

旭光学工業製ビデオプロセッサ EPM-3300 は光源装置内蔵型であり、撮像方式はRGB面順次方式である。一方、オリンパス光学工業のRGB面順次方式を採用する電子内視鏡システム EVIS-200 はビデオプロセッサと光源装置が別個に独立したタイプである。なお、ビデオプロセッサはビデオシステムセンターという名称が用いられ、ビデオシステムセンター CV-200 と光源装置 CLV-U20D を使用した。

2. カラーテレビモニター

カラーテレビモニターは基本的にはカラー画像用のビデオ専用機種であれば、どの機種でも対応できる。SONY PVM-1450 を使用した。

3. 内視鏡部

観察・診断用の鼻咽喉電子内視鏡は旭光学工業から、PENTAX VNL-1530 が市販されている（図1）。全長515mm、挿入部長は300mm、先端部径は5.1mm、軟性部径は4.9mm、視野角は直視で85°、先端部の湾曲角度はup・downともに130°、観察深度は3～50mmである。操作部には湾曲機構を操作するハンドルと静止画像を得るフリーズボタンならびにシャッターボタン、VTRコントロールボタンの3種類がある。

オリンパス光学工業からは、1996年5月の時点では、鼻咽喉電子内視鏡は市販されていない。しかし、鼻咽喉用機種の開発は行われており、試作機種の先端部径ならびに軟性部径は約5mmである。本機種は近々市販される予定である。

4. デジタル電子内視鏡画像処理装置

オリンパス光学工業から、エンドプロセッサ EVIP-230 が市販されている。この装置を EVIS-200 システムに接続し、フットスイッチにより、リアルタイムにモニターの画像が画像処理画面に切りかわる。7段階の適応型構造強調処理ならびにヘモグロビン色調強調処理、コントラスト強調処理が行える。また、各段階の構造強調処理と色調強調処理を組み合わせた処理画像も得られる。他にも色ズレ補正機能や鮮明な拡大画像機能などを有する。

図2 旭光学工業のRGB面順次方式の鼻咽喉電子内視鏡システム全体と検査中の外景

5. その他のオプション

ビデオテープレコーダー（VTR）ならびにカラービデオプリンターやモニター用写真撮影装置などを装備できる。

操作ならびに観察方法

操作方法は軟性喉頭ファイバースコープとほぼ同様である。被験者は座位でよい。被験者の鼻腔内を表面麻酔した後、経鼻的に内視鏡軟性部を挿入する。この時、カラーテレビモニターの画面を観察しながら検査を進める（図2）。静止画像が必要などときには、フリーズ機構を用いる。フリーズしているときには、カラーテレビモニターの画面内に動画の子画面が現れる。

画像処理装置が接続されている場合には、フットスイッチを押すと、リアルタイムで設定されたモードの処理画像に切りかわる。

症 例 呈 示

PENTAX VNL-1530 と EPM-3300 を用いたシステムで、喉頭疾患として、左特発性非特異性喉頭肉芽腫（44歳男性）の症例について喉頭像を観察した。

一方、オリンパス EVIS-200 システムに鼻咽喉電子内視鏡試作機種を用いて、正常な右鼻腔（40歳男性）を観察した。また、エンドプロセッサ EVIP-230 を用いて、画像処理も施行した。画像処理の設定モードはレベル7の適応型構造強調処理とレベル3のヘモグロビン色調強調の混合モードである。

結 果

観察された所見を図3と図4（a, b）に示す。図3はモニター用写真撮影装置を用いてフリーズ機構で得られた静止画像を35mm一眼レフカメラで撮影したものである。図4はSONY カラービデオプリンター UP-5000 を用いて得られたものである。いずれも、軟性喉頭ファイバースコープにビデオカメラとVTRを接続して得られる画像に比較して鮮鋭で高画質であり、色調の再現性にも優れていた。

また、図4では通常モードの画像（a）と画像処理され

図3 PENTAX ビデオ鼻咽喉スコープ VNL-1530 とビデオプロセッサ PVM-3300 による電子内視鏡システムを用いた特発性非特異性喉頭肉芽腫（44歳，男性）の観察所見

図4 オリンパス EVIS-200 システムに鼻咽喉電子内視鏡試作機種を用いた正常の右鼻腔（40歳，男性）の観察所見。
a：通常モードの画像
b：エンドプロセッサ EVIP-230 を用いた画像処理モードの画像。粘膜表面の凹凸が強調されるとともに、血管走行が明瞭に描出されている。

た画像（b）が示されている。適応型構造強調により、通常画像では不明瞭な右下鼻甲介粘膜に凹凸構造が鮮鋭に強調され、描出されている。また、ヘモグロビン色調強調により、赤色の色彩が強調されて、粘膜表面の血管走行が明瞭になっている。

考 察

電子内視鏡は電子スコープとも呼ばれている。基本的な形態は軟性ファイバースコープに類似するが、先端に超小型高解像 CCD カメラが組み込まれており、画像はカラーテレビモニターに映し出される。まず、消化管領域から応用された¹⁻³⁾。

最近、旭光学工業より内視鏡部の外径が約 5 mm の鼻咽喉電子内視鏡 PENTAX VNL-1530 が登場し、喉頭領域の観察に使用できるようになった⁴⁻⁷⁾。また、処置用鼻咽喉電子内視鏡のプロトタイプも開発されており、処置用鉗子で声帯ポリープの切除などに応用されている⁸⁾。これらの電子内視鏡で得られる画像の画質は鮮鋭で、ビデオシステムに接続した軟性喉頭ファイバースコープで得られる画像に比較して、高画質であり、自然な色調が再現されるといえる⁹⁾。

電子内視鏡の image guide は超小型 CCD カメラとその電気ケーブルといえる。したがって、画像は電気信号でビデオプロセッサに送られる。そこで、コンピューターに直接入力することができ、画像処理や画像ファイルが可能になる^{10, 11)}。消化管用の電子内視鏡システムでデジタル画像処理装置を接続して、画像処理を施行した報告がなされている¹²⁾。また、記憶容量や検索速度に優れた光ディスク（PD や MO）を用いて画像をファイルすることも可能である¹³⁾。

今回、リアルタイムのデジタル画像処理を試みた。オリンパス光学工業では、鼻咽喉電子内視鏡は市販されていないが、近々発売予定の試作機種は開発されている。また、オリンパス電子内視鏡システム EVIS-200 に接続できるデジタル画像処理装置エンドプロセッサ EVIP-230 が開発されている。そこで、鼻咽喉電子内視鏡の試作機種と EVIS-200 システム、EVIP-230 を接続し、正常の鼻腔粘膜を観察し、通常画像の撮影とリアルタイムのデジタル画像処理した撮影を施行した。

通常画像も従来の軟性鼻咽喉ファイバースコープにビデオカメラと VTR を組み合わせて観察した所見に比較して、鮮明で自然に近い色調が得られている。画像処理モードに切りかえると、通常画像では明瞭ではなかった粘膜表面の凹凸が鮮鋭に描出されるとともに、赤色の強調で、粘膜の血管走行が明瞭に描出されている。この他、色ズレ補正機能などにより、鮮明で高解像度の動画像が得られた。したがって、デジタル画像処理やデジタル内視鏡画像ファイルシステムと組み合わせることにより、電子内視鏡システムは完成の域に近づいているといえる。

ただ、RGB 面順次方式では、RGB 回転フィルターの

回転により点滅光になっている。したがって、声帯振動に同期した点滅光を出す喉頭ストロボスコープとは接続できない。しかし、同時方式の電子内視鏡システムとは接続可能である。ところが、同時方式では先端部の CCD カメラがまだ大型であり、現時点では経鼻的挿入が不可能である。今後の課題であるといえる。

おわりに

経鼻挿入可能な外径約 5 mm の鼻咽喉電子内視鏡が市販されるようになり、電子内視鏡システムによる喉頭内視鏡検査が可能になってきた。また、画像処理や画像ファイルが現実化してきており、今後の展開が期待される。

文 献

- 1) Classen M et al: Electronic endoscopy with a new type of endoscope that has no fiberoptic bundle for imaging. Endoscopy 16: 16~19, 1984.
- 2) Matek W et al: Initial experince with the electronic endoscope. Endoscopy 16: 20~21, 1984.
- 3) Niwa H et al: Clinical use of new video-endoscopes (EVIS 100 and 200). Endoscopy 24: 222~224, 1992.
- 4) Kawaida M et al: Clinical experience with a new type of rhino-larynx electronic endoscope PENTAX VNL-1530. Diag Ther Endoscopy 1: 57~62, 1994.
- 5) 川井田政弘ほか: 鼻咽喉頭電子内視鏡 (PENTAX VNL-1530) を用いた喉頭観察. 日気食会報 45: 278~285, 1994.
- 6) 川井田政弘ほか: 音声外科領域における診断法の変遷と展開—喉頭内視鏡検査を中心に—. 耳鼻 40: 645~647, 1994.
- 7) 川井田政弘ほか: 鼻咽喉頭電子内視鏡. 耳鼻 41: 684~687, 1995.
- 8) Kawaida M et al: Initial experience of endoscopic phonosurgery with a prototype of the therapeutic rhino-larynx electronic endoscope. Diag Ther Endoscopy 1: 229~232, 1995.
- 9) 丘村 熙ほか: 電子内視鏡の現状. 耳喉頭頸 60: 773~777, 1988.
- 10) 郡 大裕ほか: 電子スコープの原理と画像処理の実際. 消化器内視鏡 1: 437~444, 1989.
- 11) 山口 肇ほか: 電子スコープと画像処理. 消化器内視鏡 1: 445~451, 1989.
- 12) 片山 修ほか: 食道疾患の内視鏡診断におけるデジタル画像処理 (EIP-70A) の使用経験. 日気食会報 42: 517~519, 1991.
- 13) 桑山 肇: 電子スコープ画像のファイリングと伝送システム. 胃と腸 22: 51~56, 1987.

別刷請求先 〒170 東京都豊島区南大塚2丁目8番1号
東京都立大塚病院耳鼻咽喉科 川井田政弘