顎口腔疾患術後嚥下障害における X 線透視ビデオ検査の定量的解析法 —— 簡易システムの考案 ——

大重日出男・下郷和雄*・大岩伊知郎
梅村昌宏・後藤真一**・有地榮一郎**

Quantitative analysis of swallowing in postoperative patients with oral and maxillofacial diseases by videofluorometry: development of a simple system

OH-SHIGE Hideo・SHIMOZATO Kazuo*

OH-IWA Ichiro・UMEMURA Masahiro

GOTO Masakazu**・ARIJI Eiichiro**

Abstract: The development of home-use video systems and digital processing movie systems made it easy and inexpensive to set up a videofluorometry (VF) system for the evaluation of dysphagia.

We have set up a VF recording-analyzing system with the use of conventional high-resolution home video sets. We have recently introduced a new digital video recording system and computer-based analysis system, which is more convenient and provides higher-quality images.

We evaluated the quality of images, duration of oral stage, duration of pharyngeal stage, and duration of movement of the hyoid bone in patients after operation for tongue cancer.

Our digital video system is introduced in this paper.

Key words: videofluorometry (X 線透視ビデオ検査法), digital video system (デジタルビデオシステム), dysphagia (嚥下障害)

緒 言

嚥下障害はその原因が中枢神経疾患であるか顎口腔疾患による末梢性であるかを問わず、誤嚥を生じた場合、生命を脅かす問題となる。このため、嚥下障害の有無を定性的に診断するとともに障害部位、程度を正確に診断することは、予後推測の上できわめて重要である。

嚥下障害に対する検査として、X 線透視検査、嚥下内視鏡検査、嚥下圧検査、筋電図検査、超音波検査、頸部聴診などが組み合わされて施行されることが多い。なかでも、X 線透視検査は嚥下動態を X 線透視画像として観察するものであり、嚥下障害を診断する方法としては最適であると

されている¹⁾。このうち、情報をビデオ画像として記録する X 線透視ビデオ検査（以下 VF 検査と略す）は、今日の嚥下障害診断の臨床において最も信頼度が高い検査とされている²⁾。

VF 検査は、画像を即座に観察でき、X 線映画法に比べて被爆が少ないなど利点が多い反面、その画像鮮鋭度がやや低いことから、精密な時間的、形態的計測といった定量的解析の方法は研究途上であるのが現状である。そこでわれわれは、近年進歩の著しいコンピューター画像処理に注目し、VF 検査で得られた画像の解析をコンピューター上で解析する方法を検討し、その第一歩として市販のビデオ装

名古屋第一赤十字病院口腔外科

(主任：大岩伊知郎部長)

*愛知学院大学歯学部口腔外科学第 2 講座

(主任：下郷和雄教授)

**愛知学院大学歯学部歯科放射線学講座

(主任：有地榮一郎教授)

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Japanese Red Cross Nagoya First Hospital (Chief:
Dr. OH-IWA Ichiro)

*Second Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. SHIMOZATO Kazuo)

**Department of Oral Radiology, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. ARIJI Eiichiro)

受付日：2001年3月19日

採択日：2002年11月19日

図 1

左) システム別略図 右) システム C における画像保存の流れ

置とパーソナルコンピューターを用いて、X線映画法に近い画像観察を可能とすることを目標にシステムの構成を行った。その後2、3の改良を経て、ほぼ実用に耐え、かつ安価な簡易システムを確立することができたので、システムの概要を紹介するとともに、改良途上の3種類の画像取得法について、舌癌術後患者を対象として検査を行った画像を用いて、若干の比較検討を行ったので報告する。

材料および方法

(1) X線透視手技

X線透視装置は心臓カテーテル用Cアーム型をVF検査用に改良したものを用いた。透視条件は管電圧60kVp、電流2mAを標準として被験者の体格等により随時調節した。画像の部分的な濃度補正を目的としたウェッジフィルターを作製してイメージ増倍管の前に装着した。また、タイムスタンプを用いて1/100秒単位の時間記録がモニター画面に写し込まれるようにした。造影剤は140%硫酸バリウムを2倍希釈したものと、これに増粘剤を100ccあたり20g添加して30秒間攪拌したものをを用いた。患者の体位は基本的に安静座位とし、強制位はとらせず、被験者が嚥下しやすい体位とした。嚥下に際しての造影手順は、上記2種類の造影剤を用い、1回量それぞれ5ccを各3回ずつ嚥下させ、正面像および側面像を観察した。

(2) 画像記録およびコンピューター入力(図1)

画像は、X線透視装置のモニターからのインターレースビデオ信号を利用して、通常の民生用ビデオ記録装置に記録した。画像の記録、画像のデータの保存、およびコン

ピューターへの画像入力の段階では、以下に述べるA、B、Cの3種類のシステムを比較した。

システムA：X線透視装置からのモニター信号をHi-8ビデオデッキを用い、Hi-8ビデオテープに記録する。この再生画像を解析用コンピューター（パワーマッキントッシュG3/300MT）内蔵のビデオボードでキャプチャーし、ビデオ編集ソフトウェア（Adobe Premiere5.1, Adobe社）を用いて入力する。

システムB：記録はシステムAと同じHi-8ビデオデッキ、画像はHi-8ビデオテープに保存する。再生画像はアナログ-DV変換後、民生用デジタルビデオカメラのデジタルビデオテープに記録する。再生画像は増設したデジタルビデオキャプチャーボードを介して解析用コンピューターに入力する。

システムC：X線透視装置からの信号をただちにアナログ-DV変換し、以後はシステムBと同様に行う。

解析用コンピューターに入力した画像はQuick Timeムービーとして保存し、画像解析ソフトウェア（NIH image 1.61/ppc, NIH）にてコマ送り画像として観察した。

(3) A、B、Cの各システムの比較

舌癌術後患者（T3N2b, 気管切開、両側頸部郭清、舌亜全摘、大胸筋皮弁再建施行）に増粘剤を添加した造影剤を用いて1回の嚥下運動を記録した。記録の際、同時にアナログビデオ装置とメディアコンバーターを介してデジタルビデオ装置とに分配記録した。この記録から、おのおの方法で取得した640×480ピクセルの画像を用いて、以下の項目について比較検討した。画像の品質については4人の

図2 システム別画像

各システムにおいて、喉頭蓋谷、梨状陥凹への試料の残留などの所見を得ることは可能である。システム C は X 線透視装置のモニター画像と同等の明瞭な画像であり、システム B は、システム C とほぼ同等であるが、タイムベースのずれによる若干のノイズがみられる。システム A は、鮮鋭度およびコントラストの両者において、明らかにシステム B, C よりも劣っている。

図3 システム C における X 線チャートによる画像解像度

口腔外科医, 2 人の歯科放射線科医により, 各システムで得られた画像を評価した。

a: 記録可能フレーム数 (1 秒間のフレーム数)

b: 画像の品質 (X 線透視装置のモニター画像を基準として, 鮮鋭度, コントラスト等を視覚的に総合判断した優劣)

c: 嚥下運動要素時間の測定 (画像に写しこまれたタイムスタンプと DV 記録時のビデオタイムコードの対比)

c-1: 口腔通過時間 (食塊の移動開始時点から食塊の先端が下顎骨下縁に到達するまでの時間)

c-2: 咽頭通過時間 (食塊の先端が下顎骨下縁に到達してから, 食塊の先端が食道入口部に到達するまでの時間)

結 果

システム A の場合, 1 秒間の嚥下透視において取得されたフレーム数は, 毎秒 29.97 フレームの設定で取り込んだと

表1 システム別評価

	システム A	システム B	システム C
①フレーム数	20~26	30	30
②画像の品質	可	良	優
③時間測定	フレームアウトにより測定不可能	可能	可能

ころ, 不規則なフレームアウト (コマ落ち) が生じ, 実質的に取り込まれるフレーム数は毎秒 20~30 フレームで一定しなかった。システム B および C では毎秒 29.97 フレームの確実な取り込みが可能であった。取得された画像の品質に関して, おのおのシステムにおいて, 試料の喉頭進入, 気管流入, 咽頭壁への試料の付着, 喉頭蓋谷, 梨状陥凹への試料の残留などの所見を得ることは可能であった。システム C では X 線透視装置のモニター画像と同等の明瞭な画像が得られ, システム B の画像は, システム C とほぼ同等であったが, タイムベースのずれによる若干のノイズがみられた。システム A の画像は, 鮮鋭度およびコントラストの両者において, 明らかにシステム B, C よりも劣っていた (図 2)。画像に写し込まれたタイムスタンプにより計測された口腔通過時間はシステム B, C では 1.95 秒, 咽頭通過時間はシステム B, C では 3.09 秒であった。システム A では時間計測は可能であったが, 不規則なフレームアウトのために一定の計測は不可能であった (表 1)。

また, 空間解像度を調べるために X 線テストチャートを増倍管の前面に取り付け, モニター画像をビデオに録画し, コンピューター画像上で観察したところ, システム A は 0.4mm であるのに対し, システム B, C では 0.6mm であ

り、透視画像としては十分な解像度を有していると判断された³⁾(図3)。

考 察

顎口腔疾患術後患者、特に口腔癌術後患者は、食塊形成障害、咽頭への送り込み障害、口腔内保持力の障害などにより、嚥下機能を損ねる要因を多くはらんでいる。しかしながら、術後の摂食・嚥下障害の軽減を考えた切除や再建皮弁の選択などに明確な基準がないのが現状である。このために、定量的に障害部位、程度を評価できるVF検査のシステムの構築を目指した。

VF用装置の要件としては、正常な嚥下運動は0.5~1.0秒で完了する高速な運動を正確に把握するためには十分な時間的、空間的解像度を有し、定量的解析が可能であることがあげられる^{4~7)}。しかしながら、X線映画に代表されるように、それらの装置は高価であるうえに、運用にも大きな費用を要するため、このようなシステムを構築できる施設は限られてくるのが現状である。

X線透視装置からの出力の方法については光電子増倍管からのノンインターレース信号を直接記録するものと、イメージをインターレース化して通常のモニター出力として記録するものが考えられる。前者では画像は優れるものの高価な専用の装置が必要となり、後者では画像解像度は劣るものの機器は安価にできるという特徴がある。さらに、コンピュータで解析可能とするための画像データの取り込みまでを考慮すると、本論文で述べているようなさまざまな方法が考えられる。これらの一連の手順で必要となる機器は、近年の民生用ビデオ機器の性能の向上により、安価でも充分実用に耐える構成が可能になったといえよう。

顎口腔疾患術後患者のみならず、高齢者の摂食・嚥下障害に対する医療および介護において、嚥下運動の正確な把握のニーズは急速に増大しており、より手軽に嚥下運動の解析を行うためのシステムの開発は地域医療にとっても大きな意義があるものと考えられる。

当院では1996年より、中枢神経疾患および顎口腔疾患による末梢性の摂食・嚥下障害患者に対してVF検査を施行している。当初はアナログビデオシステム(システムA)を利用していた。しかしながら、動画の品質が、画像のサイズ、キャプチャーボードの設定やコンピュータシステムの性能により大きく変化すること、さらに、毎秒30フレームのNTSC画像の記録に、不規則なフレームアウト(コマ落ち)が生じ、実質的には毎秒20~30フレームと一定しない、という大きな短所があった。そこで、1997年以降は、デジタルビデオを応用したシステム(システムB、C)を考案し移行した。その結果、このデジタルビデオシステムでは、毎秒30フレーム(29.97fpsDVドロップフレーム)の確実

な取り込みが可能となり、画像の品質の向上が可能となった。さらに、本システムでは今までに記録されたHi-8のアナログ画像も向上した画質で利用することが可能であった。本方式によると、デジタル化した画像情報を未圧縮TIFF形式を用いて保存すると画像ファイルのサイズが1秒間あたり、約10MBと、アナログビデオシステムの場合の約1MBに比べ、サイズが大きくなってしまいうという欠点が生じた。これは、画像形式がNIHが提供するソフトウェア「NIH Image」によりTIFF形式に限られる結果である。しかし、編集後の一回の検査分の画像情報は、1枚のCD-ROMに記録可能であるので、実用上の障害になるほどではない。

このデジタルビデオシステムは、安価で高性能なDVキャプチャーボードにより、簡単に構築することが可能となったものであり、画像解析という目的に対して、きわめて手軽で、地域の医療施設でも容易に構築できるものだと考える。

結 語

顎口腔疾患術後患者におけるVF検査の定量的解析のための安価な簡易システムを考案し、その有用性について報告した。

今回比較した民生用ビデオ機器を用いた安価なシステムでは、システムB、CのようにDVフォーマットに変換してからコンピュータ入力するもののほうが、アナログビデオ信号を内蔵ビデオボードで直接キャプチャーするシステムAよりも、時間分析能、画像分析能ともに優れており、嚥下運動の定量的解析に適していると考えられた。

引 用 文 献

- 1) 丘村 照：嚥下のしくみと臨床。金原出版、東京、1993、35頁。
- 2) Logemann, J.A.: Logemann 摂食・嚥下障害。道 健一、道脇幸博監訳；医歯薬出版、東京、2000、48-50頁。
- 3) 河原研二、片木喜代治、他：咬合機能のエックス線映画的研究 第1報 エックス線映画成立機構と他生理現象との時間同期機構の改善について。岐歯学誌 4: 400-405 1976。
- 4) Fujiki, Y. and Wada, T.: Synchronization of cinefluorography and speech observations. Cleft Palate J 4: 291-299 1967。
- 5) 小川正晃、小寺吉衛、他：X線映画における画像処理の試み。歯放 26: 287-295 1986。
- 6) 藤本保志、長谷川泰久、他：パーソナルコンピュータによる嚥下運動の定量的解析—システムの開発—。日気食会報 46: 458-463 1995。
- 7) 横山正人、三富夏彦、他：X線透視と圧測定と同時に記録検査による生理的嚥下動態の解析。日気食会報 49: 249-258 1998。