

原著

Imaging Plate (IP) を用いた Computed Radiography (CR) による喉頭多層断層撮影法

倉持 好夫、内山 勝弘¹⁾、新尾 泰男、渡部 晴之帝京大学ちば総合医療センター
(旧帝京大学医学部附属市原病院中央放射線部)¹⁾ 翠明会山王病院核医学センター

Evaluation in Computed Radiography (CR) Multilayer Tomogram of the Larynx using Imaging Plates (IP).

Yoshio Kuramochi, Katsuhiko Uchiyama¹⁾, Yasuo Niio, Haruyuki Watanabe

Teikyo University Chiba Medical Center

¹⁾ Suimeikai Sanno Hospital

要旨

喉頭断層撮影は、発音相や吸気相での声紋部の形態の変化を簡便に評価でき、喉頭癌の発生部位の決定や進展度様式及び声帯麻痺の診断に有用とされてきた。通常、喉頭断層撮影は、スタンダードカセットにX線フィルムを装填し、一層ごとに数回の断層撮影が行われている。しかし、この方法では、検査時間が長く被曝線量も多い。また撮影ごとの嚥下運動による裁断面のズレも生じやすく、アナログ撮影の場合は撮影条件(線量)の設定も難しい。これらの問題を解決するためにX線フィルムのかわりにイメージングプレートを用いてComputed Radiography (CR) 装置の支援を得ることのできる多層断層撮影を試みた。本研究では、その撮影法について紹介するとともに、臨床的有用性についても述べる。

Summary

Tomography of the larynx can easily evaluate the various forms of the vocal cord during phonation or aspiration. Therefore, it is useful for determining the location and extent of laryngeal cancer.

This examination has until now been performed using a single sheet of X-ray film in a standard cassette, so several exposures were needed. But, some problems with this method were pointed out as follows: (1) Elongation of the examination time, (2) an increased exposure dose, (3) anatomical gaps resulting from deglutition movement on every image, (4) the necessity of electric flow (mAs) accommodation on every exposure, and (5) the lack of imaging data processing capabilities.

Though, multilayer tomography using X-ray films in a multilayer cassette has been tried, it was often difficult to get good images due to difficulties in ascertaining the adequate exposure level.

To resolve these problems, we hit on an idea for a new type of multilayer tomography using imaging plates (IP) instead of X-ray films in a multilayer tomography cassette. The purpose of this study is to present this method and to clarify its clinical usefulness.

Key words : Larynx multilayer tomography, Computed radiography (CR), Imaging Plates (IP)

別刷請求先: 〒299-0111 市原市姉崎3426-3

帝京大学ちば総合医療センター放射線部 倉持好夫

TEL: 0436-62-1211, FAX: 0436-62-1377

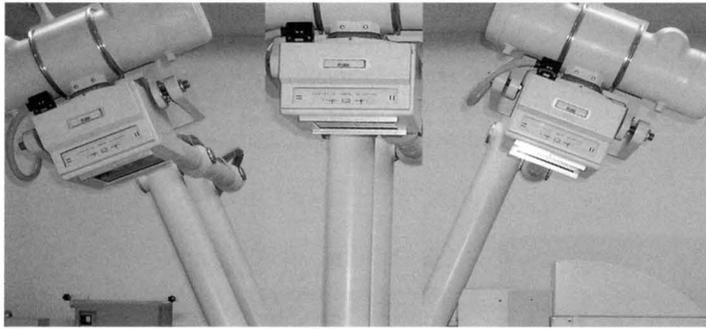


図1.
多軌道断層撮影装置 HITACHI (LT-UG)
多軌道断層撮影装置により2.4秒の楕円軌道撮影を行う。

はじめに

喉頭部の断層撮影は、発音相や吸気相での声門部形態の変化を簡便に評価できる。そのため、声帯麻痺の診断、喉頭癌の発生部位の決定や進展様式の判定に有用であると報告されてきている¹⁻⁴⁾。通常、喉頭部の断層撮影にあたっては、スタンダードカセットにX線フィルムを装填し、一層ごと数回程度に分けて撮影が行われてきた^{5,6)}。しかし、この方法には①検査時間が長くなること、②被曝線量が多くなること、③撮影ごとに被検者の嚥下に伴う解剖学的なズレが生じ、再現性が保たれないこと、④撮影のための条件設定(管電流など)の正確度が求められること、⑤撮影後に画像処理ができないことなどの問題点がある。これらの問題点を解決するために、X線フィルムによる多層断層撮影が試みられてきたが、撮影のための条件設定に正確度が必要とされるのは一層ごと数回に分けて撮影する場合と同様であった⁷⁾。

そこで、われわれは多層断層撮影にComputed Radiography (以下CR)装置の支援を得るべく、X線

フィルムの代わりに Imaging Plate (以下 IP) を使用する撮影法を考案した。本論文では、その撮影法について研究するとともに、基礎的優位性や臨床的有用性についても述べる。

1. 対象および方法

1.1. 撮影装置

多層断層撮影にあたっては、X線管球 (UH-6GB-31D, focus 0.6mm, filter 1.0mm, Hitachi Medico, Tokyo) 装着の多層断層撮影装置 (LT-UG, Hitachi Medico corp., Tokyo) を使用した (図1)。

多層断層撮影用カセット (STE 5-2, Kyokko LTD, Tokyo) 内に、X線フィルム (Fuji RX-U, Fuji Film Medical LTD, Tokyo) に intensifying screen (Fuji ST-UN, Fuji Film Medical, Tokyo) を装着したもの、あるいはIP (Fuji ST-VN, Fuji Film Medical LTD, Tokyo) に2mmピッチのスペーサーを装着したものを5セット充填し (図2)、楕円軌道による撮影を行った。

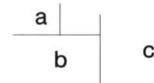
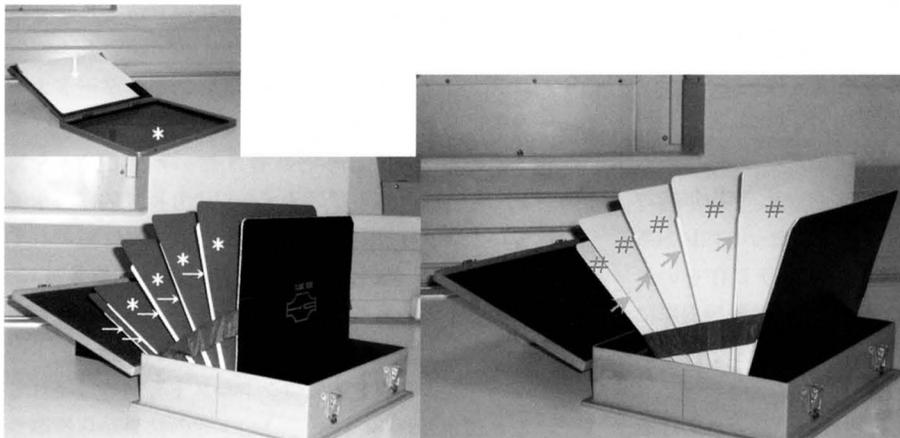


図2.
a) スタンダードカセットとフィルム・スクリーン (F/S) 系の組合せ
b) 多層断層カセットと (F/S) 系の組合せ
c) 多層断層カセットとイメージングプレートの組合せを示す。多層断層カセットは2mm間隔で5層を成している。

* : X線フィルム (Fuji RX-U, Tokyo) # : イメージングプレート (Fuji ST-VN)
↓ : 増感紙 (Fuji ST-UN, Tokyo) → : スペーサー (2mm pitch)

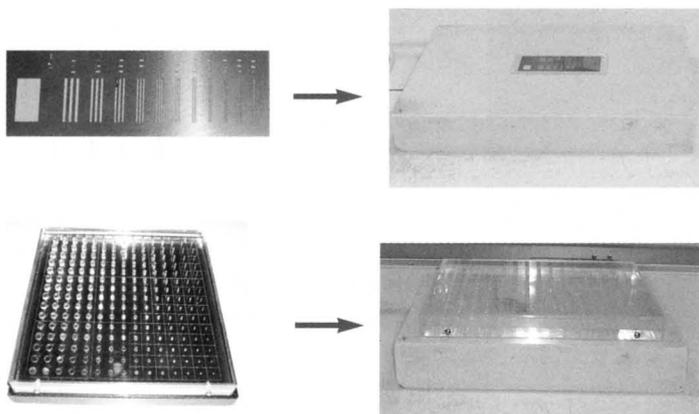


図3.

- a) テストチャート (0.5~5LP/mm) と
 b) Mix-Dp (50mm厚) により空間分解能を求める。
 c) バーガーファントムと
 d) Mix-Dp (50mm厚) によりコントラスト分解能を求める。

a	b
c	d

CR読み取り装置にはFuji computed radiography 5000plus (Fuji Film Medical LTD, Tokyo)、自動現像機には CEPROS M2 (Fuji Film Medical LTD, Tokyo) を使用した。

1. 2. 基礎的検討

基礎的な空間分解能とコントラスト分解能を評価するために、カセットとフィルムおよびIPの組み合わせを以下のようにした。すなわち、①スタンダードカセットとフィルム・スクリーン系 (以下F/S系)、②多層断層カセットとF/S系、③多層断層カセットとIPの各組み合わせである。

空間分解能の測定にあたっては、50mm厚のMix-DPの上にテストチャート (0.5~5 LP/mm, 0.1mm Pb, Kyokko LTD, Tokyo) を置きMTFを測定した (図3)。コントラスト分解能の測定にあたっては、バーガーファントム (Type 15.4319, Kyoto Kagaku LTD, Kyoto) を撮影し、視覚的評価を行った。

被曝についての評価を行う目的で、線量計 SOLIDOSE-400 (Kyokko LTD, Tokyo) をMix-DP (50mm厚) の上に置き吸収線量を測定した。

1. 3. 臨床的検討

喉頭癌の患者4名 (男性4名、71~83歳、平均年齢77歳) に対し、通常行っている多層断層カセットにF/S系を入れた断層撮影後に、多層断層カセットにIPをいれたCR支援断層撮影を行った。なお、CR支援断層撮影にあたっては、被験者に十分な説明を行い同意を得てから施行した。

F/S系およびIPを使用して得られたそれぞれの喉頭部の断層写真について、再現性や視覚的評価を行った。視覚的評価は、放射線科専門医2名、耳鼻咽喉科専門

医1名、放射線技師2名 (経験年数30年、25年) の5名による3段階評価 (F/S系に比べてIPによるCRイメージの方が優れているを3、同等であるを2、劣っているを1) を実施した。尚、放射線科専門医と放射線技師はそれぞれの合議のもとで評価した。

2. 結果

2. 1. 基礎的検討

空間分解能については、スタンダードカセット内にX線Filmを装着して得たイメージで測定されたMTF値と多層断層カセット内にX線Filmを装着して得た第1層から3層のイメージで測定されたMTF値には差がみられなかった (図4a)。しかし、第4、5層のF/S系から得られたイメージでのMTF値は、やや低値を示した。

一方、IPを多層断層カセット内に装着し得られたCRイメージで測定されたMTF値は、F/S系でのMTF値より低値を示した。その中では、第1、2、3層のイメージでのMTF値は、第4、5層のMTF値より若干高値を示した (図4b)。

コントラスト分解能については、スタンダードカセット内にX線Filmを装着して得られたバーガーファントムのイメージは多層断層カセット内にFilmを装着して得られた第1層のイメージより視覚的に若干優れていた。一方、IPを多層断層カセット内に装着して得られたCRイメージでは、第1層に比べて第2層、第3層と層を重ねるごとにイメージが若干不鮮明化したものの、すべての層でのCRイメージがF/S系の第1層のイメージより視覚的にコントラスト分解能は優れていると判定された。しかし、MTFでの結果から推測されるように、粒状性についてはF/S系の方が優れていた (図5)。

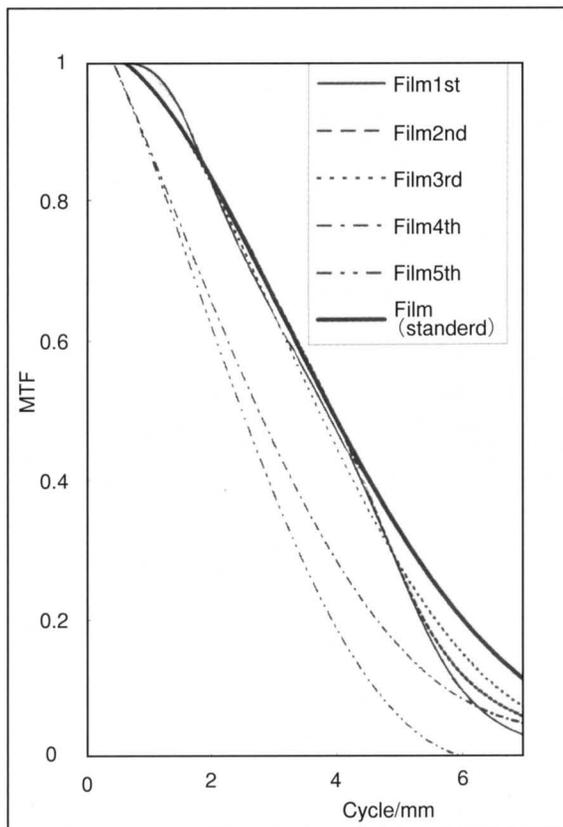


図4-a.
テストチャートより求めたスタンダードカセットと多層断層カセットによるアナログX線フィルム像のMTF曲線を示す。第4、5層で空間分解能が低下している。

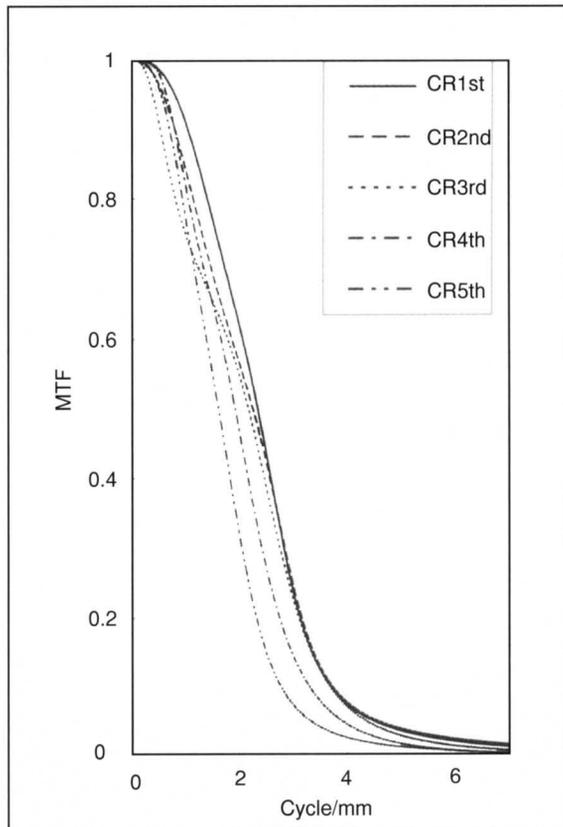
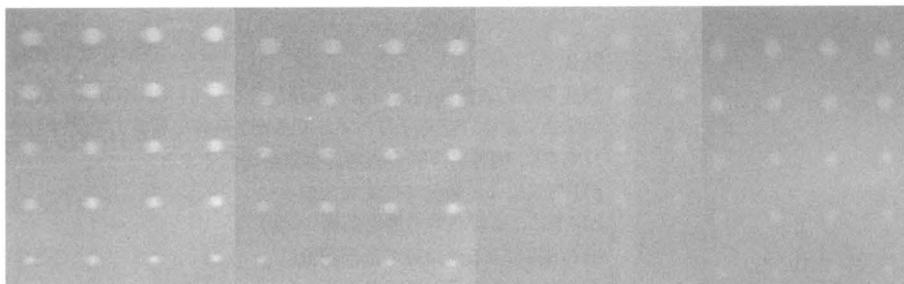


図4-b.
テストチャートより求めた多層断層カセットによるCR画像のMTF曲線を示す。イメージングプレートを用いたCR画像は、(F/S)系のスタンダードカセット使用時においても多層断層のどの層の画像と比較しても空間分解能は劣っている。またCR画像も下層へ移行する程、(特に第4,5層)画像の空間分解能が低下している。



a | b | c | d

図5.
バーガーファントムによる第1層(a)と第5層(b)のCR画像と(F/S)系の画像(c,d)を示す。視覚的評価にてCR画像は、コントラスト分解能においてF/S系よりも優れているが、粒状性は(F/S)系の方が優れている。
a) CR多層断層の第1層でのバーガーファントム像、b) CR多層断層の第5層でのバーガーファントム像、c) (F/S)系多層断層の第1層でのバーガーファントム像、d) (F/S)系のスタンダードカセットでのバーガーファントム像

断層撮影に伴う線量については、管電圧 90kVp、管電流×曝射時間40mAs、距離130cmで、一回あたりの吸収線量は1.8mGyになることが確認された。

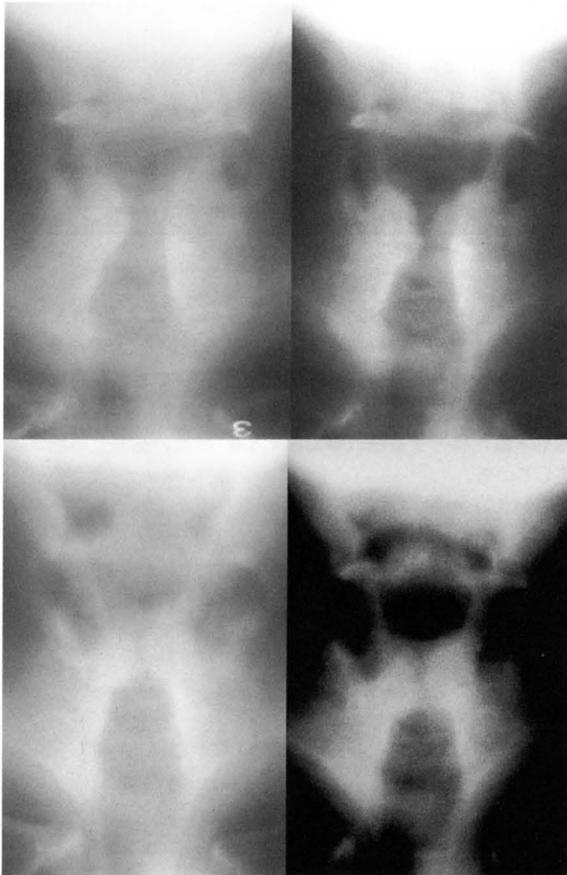
2. 2. 臨床的検討

スタンダードカセットにX線Filmを装着して得られた2mm間隔の喉頭部断層イメージとCR支援を得た多層断層イメージを比較検討したところ、CR多層断層イメージは、1度に複数層の撮影であるため、正確に2mm間隔の画像を得ることができた、そのためスタンダードカセットによる断層イメージと比較して、目的とする断層面が体動などによりズレることは無かった(図6)。

多層断層カセットにX線Filmを装着して得られた喉頭部断層イメージとCR支援を得た多層断層イメージを比較検討したところ、いずれのイメージにおいても第1層から順に下層になるにつれ粒状性が悪くなる傾向がみられたものの、喉頭狭窄の性状はCR断層イメージの方が全ての層においてF/S系のイメージよりコントラストよく、比較的鮮明に描出されていた(図7)。

発声時と吸気時の撮影による声門部形態の比較においては、コントラストを強調したCR断層イメージとF/S系でのイメージによる声門部の動きの評価には差がなく同程度と判定された(図8)。

また、CRイメージでは輪郭強調処理をすることにより、F/S系でのイメージに比べて喉頭部腫瘍の描出性



a	b
c	d

図8.

71歳男性の左喉頭癌摘出術後の断層像を示す。CRのコントラスト強調像により、F/S系よりわずかであるが声帯の固定の有無が分かりやすく、明確に声帯の固定の有無が判断できる。

- a) F/S系による吸気時の断層画像
- b) CRによる吸気時の断層画像
- c) F/S系による発声時の断層画像
- d) CRによる発声時の断層画像

a | b | c | d

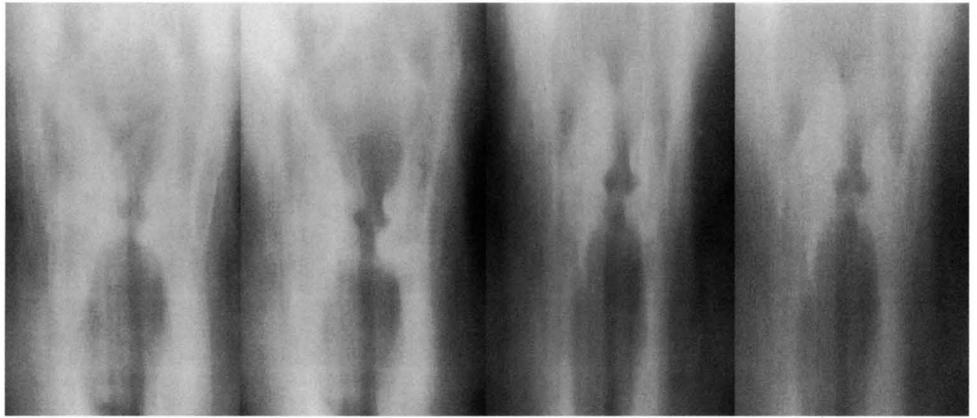


図6.

スタンダードカセットによる1枚撮り断層像とCR多層断層像を示す。第1層と第2層を比較すると、同時相の断層像が撮れないため、スタンダードカセットの場合はズレが生じやすい。

a) (F/S)系のスタンダードカセットによる第1層の画像、b) (F/S)系のスタンダードカセットによる第2層の画像、c) CR多層断層カセットによる第1層の画像、d) CR多層断層カセットによる第2層の画像

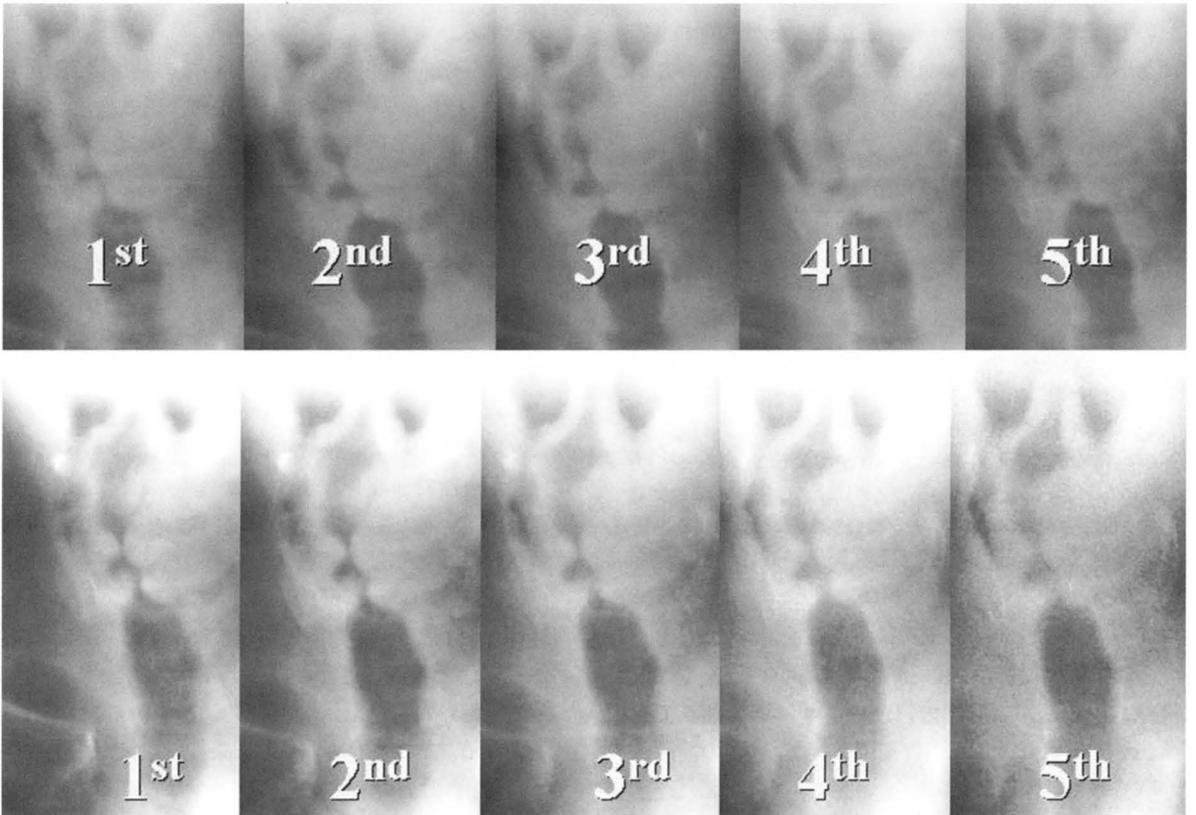


図7.

79歳男性の下咽頭癌による喉頭狭窄の多層断層像を示す。CR画像の方がより鮮明に咽頭狭窄を描出している。しかし、画像の第4、第5層と下層になる程、粒状性が悪くなる傾向がある。

a~eにF/S系の第1層から第5層までの喉頭多層断層像を示す。

f~jにCRによる第1層から第5層までの喉頭多層断層像を示す。

a	b	c	d	e
1	2	3	4	5
f	g	h	i	j
1	2	3	4	5



図9.

83歳男性の右咽頭癌による喉頭浸潤の断層像を示す。コントラスト分解能に優れ、かつ輪郭強調処理が可能なCR画像により腫瘍像が捉えられる。(矢印)

a) 右咽頭癌のX線CT画像 (*), b) F/S系による発声時の断層画像、c) CRによる発声時の断層画像、d) F/S系による吸気時の断層画像、e) CRによる吸気時の断層画像 (→)

に優れる可能性が示唆された(図9)。

図6~9における臨床画像の視覚的評価の結果、図8においては同等の画質という評価であったが他のすべてにおいてF/S系に比べてIPによるCRイメージの方が優れていると評価した。(表1)

表1. 図6~9の視覚的評価の結果

	図6	図7	図8	図9
放射線科専門医	3	3	2	3
耳鼻咽喉科専門医	3	3	2	3
診療放射線技師	3	3	2	3

図8はF/S系断層画像と同等の評価であるが図6.7.9はIPによるCR多層断層像の方が優れている。

3段階評価：F/S系イメージに比べてIPによるCRイメージの方が優っているを3. F/S系イメージとIPによるCRイメージは同等であるを2. IPによるCRイメージはF/S系イメージに劣るを1.

3. 考察

喉頭部断層撮影は、喉頭癌の発生部位の同定や進展度様式および声帯麻痺の程度の診断に応用されてきた。最近では、CTやMRIの支援を得た、喉頭の診断法が多く報告されるようになってきた⁸⁻¹⁷⁾。しかし、全ての施設において、CTやMRIの支援が得られるものではなく、比較的簡便な設備で撮影が容易なCR支援による喉頭断層撮影は、臨床の現場において十分に応用されうるものである。また、複雑なプログラムによる解析も不要であるので、撮影者間の格差も少なくすむと推測される。それ故に、本研究では、多層断層カセット

内にフィルムの代わりにIPを装填し、撮影するCR支援法による喉頭部多層断層撮影についての評価を行ったものである。

空間分解能の基礎的検討についての結果は、Duder¹⁸⁾ MacMahon¹⁹⁾の報告と同様に、CR支援法の空間分解能は従来のF/S法での分解能に及ばなかった。しかし、コントラスト分解能においてはCR支援法の方がF/S法よりも遙かに優れていた。実際に臨床例での検討では、CR支援法による多層断層撮影においては、コントラスト分解能の良さが空間分解能の劣点を凌駕し、視覚的に良好なイメージを提供できることが確認できた。

また、スタンダードカセットを使用する方法に比べて、CR支援法による多層断層撮影法では同時に5枚の撮影が可能で、時間の短縮がはかれることに加えて、断層毎の位置のずれもなく、再現性に関する問題点も解消されることが証明できた。

CR支援法での技術的利点として、階調処理や周波数処理が可能であり、断層撮影後に関心領域に絞った条件設定ができることが挙げられる。そのため、声帯固定や骨転移の有無を見やすくするための画像処理も可能になる。また、CRにより撮影条件の設定が容易になるので、再撮影のリスクも大いに少なくなることが期待できる等の利点も考えられる。

被検者の被曝の点からも、スタンダードカセットを使用した場合に比べると、一回の曝射で5層の撮影が可能であり、単純に考えても被曝は1/5に減らせることになる。被検者への侵襲を軽減するものと考えられる。

CR支援法による多断層撮影の問題点については、断層面が深くなる第4、5層目のイメージにおいて粒状性の悪化により画質が低下することが挙げられる。これについては、より高感度でかつX線吸収の少ない素材でできた厚さの薄いIPの開発が待たれるところである。

4. まとめ

IPを使用し、CR支援による多層断層撮影法を考案した。X線フィルムを使用した従来法に比べて、コントラスト分解能に優れ、喉頭部でのより診断能の高いイメージを得ることが可能であった。また、再現性の問題点も解消できた。

撮影法が簡便になり、再撮影の危険性が減少し、かつ、検査時間も短縮し被曝量の減少化も図れた。

IPを用いたCR支援による多断層撮影法は、喉頭疾患の診断の有効な検査法として、従来法より優るものであった。

参考文献

1. 栗山啓子、高橋睦正：頭頸部画像診断学。中外医学社。167 - 177, 2000.
2. 松川 明、三品 均、古賀良彦、他：放射線診断学。南山堂。133 - 135, 1967.
3. 原 一夫、立入 弘：放射線医学入門。南山堂。447 - 449, 1970.
4. 田崎瑛生、江藤秀雄、栗冠正利、他：放射線医学。医学書院。354 - 357, 1967.
5. 金森勇雄、他：X線撮影法。医療科学社。50 - 53, 1998.
6. 市川勝弘：図説診療放射線技術実践ガイド。文光堂。35 - 37, 2002.
7. 倉持好夫：X線断層撮影装置の精度管理。日本放射線技術学会誌。42 : 459, 1986.
8. Joffre P, Giron J, Fraga J, et al : MRI / CT X-ray Comparison in the Pre - operative Evaluation of Cancer of the Larynx. Apropos of 46cases. Journal de Radiologie 1988 ; 69 : 387 - 396.
9. Jabour BA , Lufkin RB , Hanafee WN : Magnetic Resonance Imaging of the Larynx. Topics in Magnetic Resonance Imaging. 1990 ; 2 : 60 - 68 .
10. Patel P, Snow GB : Metastases of carcinoma of the Larynx. Acta Oto-rhino-laryngologica Belgica. 1992 ; 46 : 141 - 151.
11. Becker M : Larynx and Hypopharynx. Radiologic Clinics of North America . 1998 ; 36 : 891 - 920.
12. Castelijns JA, Hermans R, Van den Brekel MW, et al : Imaging of Lar-yngeal Cancer. Seminars in Ultrasound , CT , and MR. 1998 ; 19 : 492 - 504.
13. Keberle M,Kenn W,Hahn D : Current Concepts in Imaging of Laryngeal and Hypopharyngeal Cancer. European Radiology. 2002 ; 12 : 1672 - 1683.
14. Yousem DM, Tufano RP : Laryngeal Imaging. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America. 2002 ; 10 : 451 - 465.
15. Zinreich SJ.Imaging in Laryngeal Cancer : Computed Tomography,Magnetic Resonance Imaging, Positron Emission Tomography. Otolaryngologic Clinics of North America. 2002 ; 35 : 971 - 991.
16. RichardsonBE,BastianRW : Clinic-al Evaluation of Vocal fold Paral-ysis. Otolaryngologic Clinics of North America. 2004 ; 37 : 45 - 58.
17. Baatenburg de Jong RJ : Chondroma and Chondrosarcoma of the Larynx. Current Opinion in Otolaryngology&Head and Neck Surgery. 2004 ; 12 : 98 - 105.
18. Duber C, Bittner U, Klose KJ, et al : Digital Multilayer Tomography , Description of Method and First C-linical Results. Fortschr. R_ntgen-str. 1989 ; 151 : 477 - 482.
19. MacMahon H, Sanada S, Doi K, et al : Direct Comparison of Conventional and Computed Radiography with a Dual-image Recording Technique. Radiographics. 1991 ; 11 : 259 - 268.

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619