

## —原著—

## 嚥下造影検査における皮膚吸収線量の測定

長濱航永<sup>1</sup>, 豊里晃<sup>2</sup>, 竹内由一<sup>3</sup>, 植田耕一郎<sup>2</sup>,  
林孝文<sup>4</sup>, 野村修一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>新潟大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

<sup>2</sup>新潟大学大学院医歯学総合研究科 摂食・嚥下障害学分野,

<sup>4</sup>顎顔面放射線学分野, 加齢・<sup>5</sup>高齢者歯科学分野

<sup>3</sup>新潟大学歯学部附属病院・放射線室

## Analysis of skin absorbed dose in videofluorography

Kouei Nagahama<sup>1</sup>, Akira Toyosato<sup>2</sup>, Yoshiichi Takeuchi<sup>3</sup>,  
Koichiro Ueda<sup>3</sup>, Takafumi Hayashi<sup>4</sup>, Shuichi Nomura<sup>5</sup>

*Department of Radiological Technology, School of Health Sciences,  
Faculty of Medicine, Niigata University*<sup>1</sup>

*Division of Dysphagia Rehabilitation*<sup>2</sup>, *Oral Maxillofacial Radiograph*<sup>4</sup>,  
*Oral Health in Aging and Fixed Prosthodontics*<sup>5</sup>,

*Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences,  
Niigata University Dental Hospital*<sup>3</sup>

平成15年11月14日受付 11月14日受理

Key words : 皮膚吸収線量, 嚥下造影検査, 嚥下障害, 被曝

**Abstract** : Since videofluorography (VF) simultaneously evaluates structure and function of the organs altered by dysphagia, it became the gold standard for the diagnosis of dysphagia. However, the exposure dose will increase by long-time and frequent examination. Thus, this study investigated the appropriate examination time and method of protection, after measuring the skin absorbed dose in VF.

For the measurement of the skin absorbed dose, the TLD element (MSO-S) was used. The TLD element (consisting of 3 pieces) was bonded on angulus oculi lateralis, temporal and thyroid gland regions of the head phantom, and the skin absorbed dose was measured. In addition, similar measurements were carried out in dysphagia patients after getting agreement for VF. The setting conditions of the fluoroscopic apparatus were, as follows: FSD: 60 cm, tube voltages: 55 kV, tube current automatic control, frame rate: 12.5 F/s and maximum value of pulse duration: 8 ms.

In the phantom, skin absorbed dose rate was 4.3 mGy/s in the angulus oculi lateralis region and 3.6 mGy/s in the temporal and thyroid gland regions. At this dose, the time until the threshold dose in which the lens nebula occurs (1 Gy) is exceeded is 4'30 seconds and the time until the threshold dose in which early skin erythema occurs (2 Gy) is exceeded is 7'30 seconds.

It is considered that, since in the Niigata University Dental Hospital, the examination time of VF is 2'30 seconds, the occurrence probability of these side effects is low. Moreover, it is effective to reduce the exposure dose in VF by shortening the examination time, by increasing the distance from the bulb, and by reducing the exposure dose of the equipment within the limits of image interpretability. Furthermore, it is also effective to keep away the eyes from the radiation field, in order to reduce the dose directed to the eye lenses, which are most sensitive to radiation.

抄録 : X線嚥下造影検査は障害された器官の構造と機能を同時に評価することができるため, 摂食・嚥下障害の診断

には、ゴールドスタンダードとなっている。しかし、長時間の検査や回数が多くなると、この検査による被曝線量も大きくなる。そこで今回、われわれは嚥下造影検査時の皮膚吸収線量を測定し、適切な検査時間、防護方法を検討したので報告する。

皮膚吸収線量の測定には、TLD素子 (MSO-S) を使用した。頭部ファントムに、TLD素子を3本1組で外眼角部、側頭部、甲状腺部に貼り付け、各部位における皮膚吸収線量を測定した。さらに、摂食・嚥下障害者の嚥下造影検査時に本人の同意を得て同様の測定を行った。X線透視装置の設定条件は、FSD:60cm、管電圧55kV、管電流自動制御、フレームレートは12.5 F/s、パルス幅の最大値を8msに設定した。

皮膚吸収線量率は、ファントムでは外眼角部で3.6mGy/s、側頭部、甲状腺部で4.3mGy/sであった。この線量で、水晶体白濁が起こるしきい線量 (1 Gy) を超えるまでの時間は4分30秒、初期皮膚紅斑が起こるしきい線量 (2 Gy) を超えるまでの時間は7分30秒である。新潟大学歯学部附属病院における1回の検査時間はおよそ2分30秒であるため、これらの確定的影響がでる恐れは少ないと考えられる。嚥下造影検査時の被曝線量を低減するためには、検査時間の短縮のほか、読影可能な範囲で装置の線量を減らす、X線管装置から被写体までの距離を離すことが有効であった。また、放射線の感受性の高い水晶体の被曝を低減するため、眼を照射野から外すことも有効である。

## 緒 言

超高齢化社会を迎え、摂食・嚥下障害に悩む患者の数は増加しており、摂食・嚥下機能検査が重要となっている。そのスクリーニング検査として水のみテスト<sup>1)</sup>、反復唾液嚥下テスト<sup>2)</sup>が、確定検査として嚥下造影検査<sup>3,4)</sup>、内視鏡検査<sup>5)</sup>が行われている。その中でも嚥下造影検査は、障害された器官の構造と機能を同時に評価することができ、他の検査に比べて診断能が高く、現在、摂食・嚥下障害検査のゴールドスタンダードとなっている。嚥下造影検査は1画像あたりの皮膚吸収線量はさほど大きくないが、嚥下障害者を対象とした検査を行う場合には時間が長くなってしまい、一回検査あたりの被曝線量も大きくなる恐れがある<sup>6-9)</sup>。今回、我々はその嚥下造影検査における皮膚吸収線量を測定し、その影響および線量低減方法を検討したので報告する。

## 材料と方法

### 1. X線透視装置・条件

X線テレビ撮影装置はマルチパルス特注Cアーム型MULTISKOP® (シーメンス社製) を使用した。X線発生X線管球焦点の大きさは1.0mm、管電圧は55kV、管電流は自動制御で被写体とX線管中心の距離 (focus-surface distance: FSD) は60cm、フレームレートは12.5F/s、照射野は35.7cm×35.7cm (設定できる最大の照射野) として測定を行った。

### 2. 皮膚吸収線量測定法

X線の皮膚吸収線量測定にはTLD (thermoluminescence dosimeter: 熱蛍光線量計) 素子: MSO-S (KYOKKO社製) をTLDホルダー: タイプC (KYOKKO社製) に挿入して使用した。皮膚吸収線量はX線を照射した後、

TLDをTLDリーダー: MODEL 1500 (KYOKKO社製) にて皮膚吸収線量を計測した。今回使用したTLD素子の相対標準偏差は5%以下、測定誤差は10%であり、バックグラウンドは皮膚吸収線量値の変動に比べて非常に小さい。

臨床で用いられている他のX線検査機器の線量と比較するために本学放射線室設置のデンタル撮影装置ヘリオデントMD (上顎大白歯) (シーメンス社製)、パノラマ撮影装置OPIO (シーメンス社製)、胸部撮影装置U-6GC-41T (日立社製) の線量測定を同様に行った。

### 3. 測定部位

嚥下障害を主訴に新潟大学歯学部附属病院を受診し、嚥下機能評価のため嚥下造影検査を予定した患者を対象とした。本研究の目的を十分に説明した後、VFの皮膚吸収線量測定に協力が得られた15名にTLD素子 (MSO-S) を3本1組として、外眼角部 (水晶体相当部)、側頭部、甲状腺相当部の3箇所貼り、それぞれの部位の皮膚吸収線量を測定した (図1)。一方、頭部ファントム (京都科学標本社製) を用いて被験者同様にTLD素子で皮膚吸収線量を測定した (図2)。

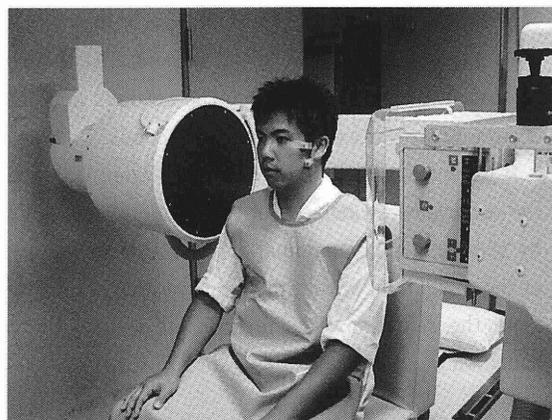


図1 被験者での測定の様子

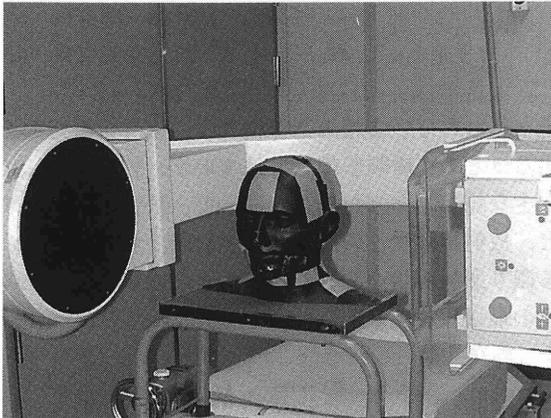


図2 ファントムでの測定の様子

4. 被曝線量低減方法

皮膚吸収線量低減のため、①照射線量を一定としてFSDを60cmから80cmに離す、②FSDを一定とし条件を変えて約1/10の照射線量に減少する、③透視像を外部出力して記録する方法で撮影する、④外眼角部を照射野外にして皮膚吸収線量の測定を行った。

結 果

1. 曝射時間に対する皮膚吸収線量の変化

ファントムおよび被験者の照射時間・皮膚吸収線量曲線を図3に示す。過去40症例の一回の平均検査時間は約2分30秒である。皮膚吸収線量の平均値は、ファントムでは外眼角部540mGy、側頭部650mGy、甲状腺部650mGy、被験者では外眼角部600mGy、側頭部720mGy、甲状腺部720mGyであった。皮膚吸収線量率（1秒あたりの皮膚吸収線量）の平均値はファントムでは外眼角部3.6mGy/s、側頭部4.3mGy/s、甲状腺部4.3mGy/s、被験者では外眼角部4.0mGy/s、側頭部4.8mGy/s、甲状腺部4.8mGy/sとなった（図3、表1）。

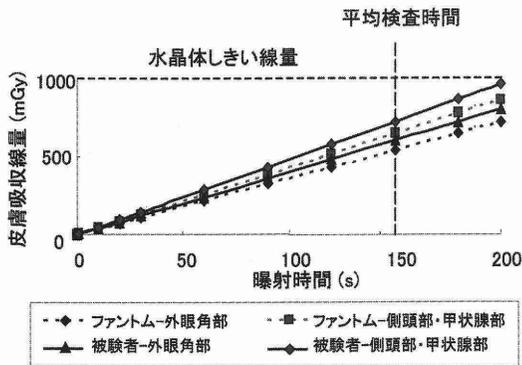


図3 曝射時間に対する皮膚吸収線量の変化

表1 各部位における皮膚吸収線量率の比較

	皮膚吸収線量率 (mGy/s)		
	外眼角部	側頭部	甲状腺部
ファントム	3.6	4.3	4.3
被験者	4.0	4.8	4.8

2. 他のX線検査との線量比較

デンタル撮影、パノラマ撮影、胸部撮影においてTLD素子を検査部位の皮膚表面に貼り、1回撮影時の皮膚吸収線量を測定した結果を表2に示した。VF1回の検査で受ける皮膚吸収線量は、デンタル撮影100枚、パノラマ撮影480枚、胸部撮影3,600枚分に相当した（表2）。

表2 嚥下造影検査と他の検査との皮膚吸収線量の比較

	嚥下造影検査 (1回)	デンタル撮影 (1枚)	パノラマ撮影 (1枚)	胸部撮影 (1枚)
新潟大学歯学部附属病院 (mGy)	720	7	1.5	0.2
嚥下造影検査との比	1	1/100	1/480	1/3600

3. 被曝線量の低減

撮影条件を変更して皮膚吸収線量を測定した（表3）。現在の条件を1とすると、照射線量を一定としてFSDを60cmから80cmとしたときの皮膚吸収線量は1/2、FSDを一定として条件を変えて照射線量を約1/10としたときの皮膚吸収線量は1/8であった。一方、外眼角部を検査範囲外とした場合皮膚吸収線量は1/8、透視像を外部出力する方法では1/20となった。

表3 被曝線量の低減

撮影条件	外眼角部線量比
現在の条件	1
同一照射線量でFSDを60 cmから80 cm	1/2
同一FSDで照射線量約1/10	1/5
透視のみ	1/20
外眼角部が照射野外	1/8

## 考 察

X線撮影時に放射線感受性の高い水晶体が照射野に入る場合には放射線の影響を受けやすい<sup>6, 10-13)</sup>。

口腔から下咽頭部の摂食・嚥下機能を精査するVFでは、検査1回あたりの外眼角部の皮膚吸収線量は、被験者で600mGy、ファントムで540mGyであった。検査1回あたりの皮膚吸収線量は水晶体白濁のしきい線量1000mGy、初期皮膚紅斑のしきい線量2000 mGy<sup>10, 11)</sup>よりも低く、一回の検査で影響が出る可能性は小さい。しかし、撮影時間の延長や再撮影までの期間が短い場合には影響が現れる可能性がある。さらに、嚥下造影検査で一回あたりの皮膚吸収線量は、デンタルで100枚、パノラマで480枚、胸部撮影で3,600枚に相当し、他のX線検査より皮膚吸収線量が多い。また、われわれは嚥下造影検査で得られた画像を計測して嚥下動態の解析をおこなうため、他施設<sup>7, 8)</sup>に比べ約3~5倍多い線量を使用している。摂食・嚥下機能検査は、頭頸部の広い範囲に照射が及び、X線感受性の高い水晶体や甲状腺が照射野に入ることが多いため、皮膚吸収線量を少なくする対策<sup>12-14)</sup>が必要である。

被験者の皮膚吸収線量が常にファントムより高い値を示したのは、被験者では撮影部位の決定するためにX線透視によるポジショニングを数回行ったことによるものである。

患者の被曝低減方法として、SID (source-image distance: 線源-受像面間距離) を最大まで広げてFSDを大きくし、さらに外眼角部を照射野から外すことによって、十分な画質を保ちながら皮膚吸収線量を1/16に減少する方法を見いだした。一方、撮影内容によっては照射線量を減少して皮膚吸収線量を減らすことも可能である。しかし透視像を外部出力して記録する方法では皮膚吸収線量が1/20に減少するが、得られる画像が不鮮明となった。さらに、加藤らが報告した、自作フィルターも有効な方法であることから、嚥下障害者にも応用できるように改良を加えて撮影時のフィルター装着を行いたいと考えている。

一方、同撮影装置を用いて加藤<sup>14)</sup>らが1995年に皮膚吸収線量測定をおこなっている。今回の測定結果は撮影条件の違いを考慮しても、約2倍高い皮膚吸収線量を示した。一般に、X線テレビ撮影装置は10年間使用するとイメージ・インテンシファイアの感度が低下するため、同じ撮影条件において約2倍の照射線量が必要となること製造会社から報告されている。本装置は設置から10年経過しており、今後、臨床検査および摂食・嚥下機能、顎機能の基礎研究での使用頻度が多くなることを考慮すると早期に点検し、装置を交換する必要がある。

## 結 語

現在行われている嚥下造影検査は、人体に確定的影響が出るほどの皮膚吸収線量ではないが、他の検査に比べて大きな線量であった。したがって、FSDを大きくすること、放射線感受性の高い眼を照射野から外すこと、できる限り照射線量を小さくすることで吸収線量の低減と防護の最適化をはかる必要がある。

## 謝 辞

本研究は平成15年度科学研究費補助金・基盤研究(B)(2) 15390589の助成により遂行されたものであることを付記して、ここに謝意を表すものである。

## 文 献

- 1) 窪田俊夫, 三島博信, 花田実, 南波勇, 小島義次: 脳血管障害における麻痺性嚥下障害 - スクリーニングテストとその臨床応用について - 総合リハ, 10: 271-276, 1982.
- 2) 小口和代, 才藤栄一, 水野雅康, 皿井正子, : 嚥下障害スクリーニング法「反復唾液嚥下テスト」, 治療, 80: 1494-1497, 1998.
- 3) Logemann, JA.: The dysphagia diagnostic as a treatment efficacy trial. Clin Commun Disord, 3(4): 1-10, 1993.
- 4) Wright, RER. Boyd, CS. Workman, A.: Radiation doses to patients during pharyngeal videofluoroscopy. Dysphagia, 13: 113-115, 1998.
- 5) 渡邊宏, 進武幹, 仲秋功司: ファイバースコープによる正常嚥下動態の観察. 耳鼻 36: 944-948, 1990.
- 6) 丸山隆司: 医療被ばくの頻度と実効線量. 放射線科学, 38(9): 317-324, 1995.
- 7) 長谷川純, 砂屋敷忠, 武内和弘: 嚥下ビデオ透視検査時の放射線被曝線量. 広島県立保健福祉短期大学紀要, 3(1): 87-93, 1997.
- 8) 長谷川純, 砂屋敷忠, 武内和弘: 嚥下ビデオ透視検査時の放射線被曝による被検者の臓器線量. 広島県立保健福祉短期大学紀要, 4(2): 55-60, 1999.
- 9) 阿部晃子, 渡辺里美, 中村静枝, 渡辺義隆, 平野一博, 酒井辰夫: 血管造影における患者被曝と術者被曝低減対策. 新潟県立中央病院医誌, 7(1): 8-12, 2000.
- 10) 長谷川隆幸, 小泉正之, 古川友: 部位別吸収線量の測定と被ばくレベルの設定. 日本放射線技術学

- 会雑誌, 59(5) : 640-649, 2003
- 11) 世界保健機関：インターベンショナルラジオロジー (IVR) の有効性と安全性 (2). 日本放射線技師会雑誌, 48(10) : 1444-1456, 2001.
  - 12) 石田恒男：IVRの被ばくとその対策－放射線科医の立場から. 日本医学放射線学会雑誌, 62(7) : 356- 361, 2002.
  - 13) 日本アイソトープ協会：ICRP Publ. 85 IVRにおける放射線傷害の回避 16-22, 2003.
  - 14) 加藤一誠, 河野正司, 岩片信吾, 櫻井直樹, 笠井みか, 平野秀利, 伊藤壽介, 林孝文, 中山均, 竹内由一, 伊藤宰, 佐野耕太郎：X線テレビによる顎機能運動撮影時の頭部の被曝に関して. 新潟歯学会, 25(19:27-34, 1995.