

## 嚥下ビデオ透視検査時の放射線被曝線量

長谷川 純<sup>\*1</sup> 砂屋敷 忠<sup>\*2</sup> 武内 和弘<sup>\*1</sup>

\*1 広島県立保健福祉短期大学言語聴覚療法学科

\*2 広島県立保健福祉短期大学放射線技術科学科

### 抄録

嚥下ビデオ透視検査時の患者と検査者の放射線被曝線量を推定するため、線量測定用ファントムを用いて線量を測定した。患者の皮膚表面線量にあたるファントム表面での線量は、透視1分間につき3.19～4.55 mGyであった。検査1回あたりの線量は、胸部直接撮影より多いが胃撮影や頭部CTより少なかった。検査者の位置での線量は、鉛入りエプロンなどで防護をしないことを想定した場合で、1時間につき0.13～0.46mSvであった。防護用具なしに43～151回の検査を行なった時の検査者の被曝線量が、一般公衆の年間線量限度に相当することになる。したがって、検査者の被曝線量が一般公衆の線量限度を超えることは通常ないと考えられるが、患者と検査者の被曝を最低限に抑えるために、放射線防護の努力が必要である。

キーワード：嚥下障害，嚥下ビデオ透視検査，放射線被曝，線量測定

## はじめに

嚥下ビデオ透視検査 (Videofluorography, 以下 VF と略す) は、造影剤を混ぜた食物を嚥下した時の口腔・咽頭・上部食道の動態を X 線透視装置で観察し、その画像をビデオ録画装置で記録するものである。VF は、嚥下障害を評価するための有力な検査法として普及しており、特に、顎・口唇・舌・軟口蓋・咽頭壁・喉頭蓋・喉頭・食道入口部など、嚥下に関わる多くの器官や食塊の動きを同時に、また連続して観察できる点では、他の検査をもって代えることはできない。さらに、むせを伴わない誤嚥 (silent aspiration) を確実にとらえられるのも、現在のところ VF のみである。

しかし、一方で、VF は X 線を用いるため、放射線に被曝するという欠点がある。検査を受ける患者の被曝はもちろんであるが、検査者についても、X 線照射中に検査室内にとどまる必要のあることが多いため、被曝の問題を無視することはできない。検査者が検査室内にとどまる必要があるのは、VF の適応となる患者は脳血管障害などで運動機能や精神機能が低下しており、検査に必要な指示に自力で従うのが困難なことが多いためである。

放射線被曝については、VF の問題点として従来しばしば指摘されてきた<sup>1-6)</sup>。しかし、被曝線量は X 線透視装置の機種により違い、また、透視の方向・回数・時間などの検査条件も、施設によっても患者の状態によっても変わってくるという事情もあるため、VF での被曝線量についての報告はあまりない。このため、患者に対する検査内容の説明においても、放射線被曝については十分な情報を提供できていないのが実状である。また、十分な放射線防護をせずに不必要な被曝をしていたり、逆に被曝を恐れるあまり必要な検査が行なわれない可能性がある。

そこで、VF での患者と検査者の被曝線量を推定するため、本学診療所での VF の標準的な条件で、ブロック状の線量測定用ファントム (人体と同様の放射線吸収・散乱の性質を持つ素材で作られた模型) を用いて線量測定を行なった。

## 方法

### 1. 透視装置・条件

X 線透視装置は、SHIMADZU 社製シマビジョン AH IID (オーバーテーブル方式) を使用した。X 線管焦点-イメージ・インテンシファイア間距離は 130cm、照射野はファントムの表面で 15cm×15cm とし、付加フィルタは 1.5mm Al に設定した。管電圧・管電流は、本学診療所での VF の標準的な条件から、側面像の透視に用い

る 70kV 0.6mA と、正面像に用いる 80kV 0.7mA の 2 条件とした。

### 2. 患者の位置での線量測定

患者が照射野の中心で皮膚表面に受ける被曝線量を推定するため、Mix-Dp を素材としたブロック状の線量測定用ファントムに熱蛍光線量計 (以下 TLD とする) 素子、化成オプトニクス社製 KYOKKO MSO-S をセットし、透視台の上で 1 分間 X 線を照射した後、KYOKKO TLD リーダー 2500 で線量を計測した。

ファントムは、厚さが人の頸部の幅と同等の 10cm になるよう、40cm×40cm×厚さ 4cm のものの上に 30cm×15cm×厚さ 6cm のものを重ねて置いた。さらに、ファントムの X 線管球側表面が、VF での患者の頸部皮膚表面とほぼ同じ位置になるよう、透視台とファントムの間に厚さ 15cm のスポンジをはさんだ (写真 1)。

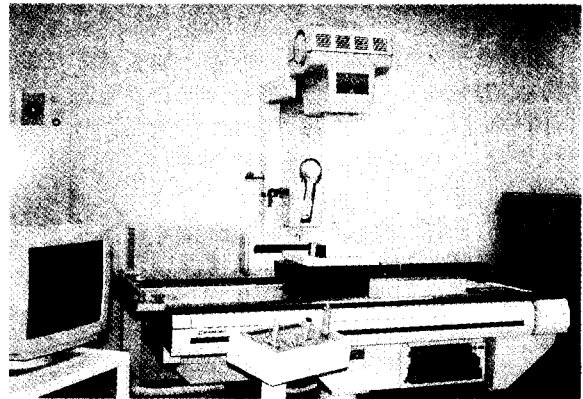


写真1 X線透視装置とファントム (中央やや下)

ファントムの X 線管球側表面の中央部に長さ 15mm、幅 5mm、深さ 4mm の溝を 5mm 間隔で 5 つ作り (写真 2)、その溝にケースに入れた TLD 素子を 1 個ずつ計 5 個セットした。この 5 個の TLD 素子のうち中央のものが、照射野の中心にくるようにした。

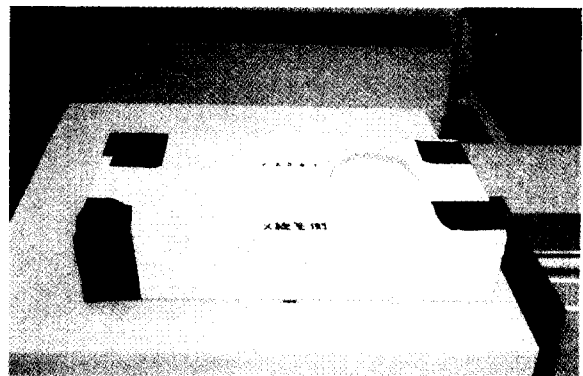


写真2 ファントム (中央がTLD素子をセットした溝)

通常の VF では透視台を垂直に立て、患者と X 線管は水平に位置することが多い。しかし、今回の測定ではファントムを固定する都合で、透視台を水平に倒してその上にファントムを置き、X 線管からファントムへ垂直の方向に X 線を照射する位置をとった。

各条件の測定値は次のようにして求めた。まず、1 回の測定での 5 個の TLD 素子の線量の平均を、その回の測定値とした。同じ条件で 2 回の測定を行ない、2 回の測定値の平均をその条件の測定値とした。

測定値は、線量計 RADCAL mdh model 9015, 10×5-6 を用いて X 線管焦点-イメージ・インテンシファイア間距離100cm, 照射野15cm×15cm, 付加フィルタ1.5mm Al, 管電圧80kV, 管電流100mA, 照射時間0.5秒と0.1秒で測定した値をもとに校正した。この際、照射線量 (R, レントゲン) から吸収線量 (Gy, グレイ) への換算は、 $9 \times 10^{-3} \text{GyR}^{-1}$  の式 (丸山ら<sup>7)</sup>) によった。

### 3. 検査者の位置での線量測定

鉛入りエプロンなどで防護をしない場合に検査者の全身が受ける被曝線量を推定するため、患者の位置での線量測定の時と同じ位置にファントムを置いて X 線を照射しながら、アロカ社製シーベルト・メータ DRM301 を用いて線量を測定した (写真 3)。各条件で約 30 秒間測定し、値が安定したところでその条件の測定値とした。



写真3 X線透視装置とシーベルト・メータ (右)

検査者の立つ位置による線量の違いをみるために、測定はそれぞれの条件につき 3 か所で行なった (図 1)。検査者が X 線管の側方に立つことを想定した位置 (位置 A)、検査者が X 線管

と患者の中間に立つことを想定した位置 (位置 B)、検査者が患者の側方に立つことを想定した位置 (位置 C) の 3 か所である。実際の VF では、この 3 か所の位置は床と平行である。しかし、今回の測定ではファントムに対して X 線を垂直に照射したため、測定位置とファントムと X 線管の位置関係が、実際の VF での検査者と患者と X 線管の位置関係と同じになるように、

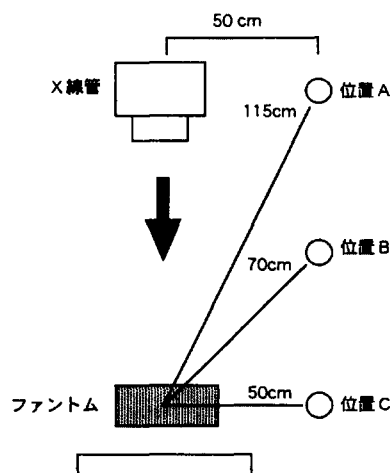


図1 検査者の線量の測定位置

3 か所の測定位置を床に対して垂直の方向とした。ファントムの中心と各測定位置の距離は、位置 A で 115cm, 位置 B で 70cm, 位置 C で 50cm であった。また、ファントムの中心と X 線管の中心とを結ぶ線と各位置との距離は、いずれも 50cm になるようにした。

## 結果

### 1. 患者の位置での線量

ファントム表面での線量は、70kV 0.6mA の条件で 3.19mGy/min, 80kV 0.7mA の条件で 4.55mGy/min であった (表 1)。

表 1 患者の位置での線量 (mGy/min)

透視条件	吸収線量
70kV 0.6mA	3.19
80kV 0.7mA	4.55

Gy (グレイ) は吸収線量の単位で、放射線を受けた物質が放射線から受け取るエネルギーを表す。患者の位置での線量については、医療被曝による臓器ごとの線量を表したり、さまざま

な X 線診断検査間の線量を比較したりするのに用いられる吸収線量で表記した。

各回の測定で用いた 5 個の TLD 素子の測定値のばらつきは、変動係数で 3.6~7.9%であった。

## 2. 検査者の位置での線量

各条件、各位置での線量は、表 2 のとおりであった。

表 2 検査者の位置での線量 (mSv/h)

透視条件	線量当量		
	位置 A	位置 B	位置 C
70kV 0.6mA	0.13	0.29	0.28
80kV 0.7mA	0.21	0.46	0.45

Sv (シーベルト) は線量当量の単位で、吸収線量の単位 Gy と同じく物質が放射線から受け取るエネルギーを示すが、人体に対する影響を考慮して換算したものである。検査者の位置での線量については、職業被曝による医療関係者の被曝線量や一般公衆の被曝線量などを表すのに用いられる線量当量で表記した。

線量の最低は 0.13mSv/h (70kV 0.6mA, 位置 A), 最高は 0.46mSv/h (80kV 0.7mA, 位置 B) であった。

## 考察

### 1. 患者の被曝線量

測定で得られた値は X 線照射 1 分あたりの線量であるので、検査 1 回あたりの線量を求めるには、この値に透視時間をかける必要がある。

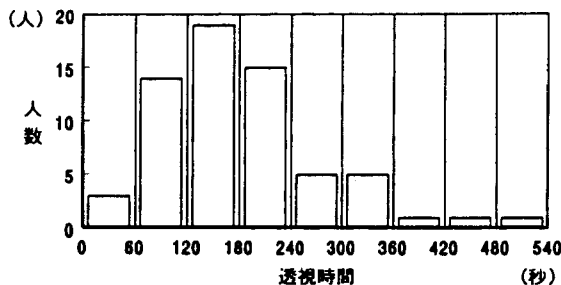


図 2 検査 1 回の透視時間

東京都立大塚病院で 1995 年 1 年間に行なった、のべ 64 例の VF における透視時間は、図 2 のような分布をしていた。最短が 46 秒、最長が 8 分 37 秒 (517 秒) と検査による差は大きい、ほぼ 1

~3 分台 (60~240 秒) に集まっており、平均は 3 分 4 秒 (184 秒) であった。これをもとに、今回の測定結果から検査 1 回あたりの線量を求めると、表 3 のようになる。線量の最低は 2.45mGy (70kV 0.6mA, 透視時間 46 秒), 最高は 39.21mGy (80kV 0.7mA, 透視時間 8 分 37 秒), 平均 (透視時間 3 分 4 秒) では 70kV 0.6mA の条件で 9.78mGy, 80kV 0.7mA の条件で 13.95mGy となる。

表 3 患者の位置での 1 検査あたりの線量 (mGy)

透視条件	吸収線量		
	透視時間最短 (46秒)	透視時間最長 (8分37秒)	透視時間平均 (3分4秒)
70kV 0.6mA	2.45	27.49	9.78
80kV 0.7mA	3.49	39.21	13.95

丸山は大規模な全国調査にもとづき、一般的な X 線診断による平均の被曝線量を報告している<sup>8)</sup>。これによると、胸部直接撮影による表面線量は 0.52mGy, 胃撮影は 46.0mGy, 頭部 CT は 32.1mGy である。これと比較すると、今回の測定で得られた患者の位置での線量から推定した、VF による患者の皮膚表面での被曝線量 (9.78~13.95 mGy) は、胸部直接撮影よりは多いが、胃撮影や頭部 CT よりは少ないことになる。

### 2. 検査者の被曝線量

放射線診療従事者や一般公衆の被曝線量限度は、医療法施行規則により次のように定められている<sup>9)</sup>。まず、放射線診療従事者については、年間の実効線量当量限度を 50mSv とし、さらに、女子の腹部の組織線量当量限度を 3 か月につき 13mSv, 妊娠中の女子の腹部については出産までの期間につき 10mSv としている。一般公衆の線量限度については、「病院または診療所内の人が居住する区域及び病院または診療所の敷地の境界における線量当量」という形で規定しており、これは 3 か月につき 250  $\mu$  Sv (0.25mSv) となっている。

今回の測定で得られた検査者の位置での線量から推定した、VF による検査者の被曝線量は、最低で 0.13mSv/h, 最高で 0.46mSv/h であったが、これを線量限度のうち最も低い値である一般公衆の線量限度と比較してみる。3 か月につき 250  $\mu$  Sv という線量限度を、年間 1mSv (250  $\mu$  Sv  $\times$  4) に直して計算すると、最低の場合で約 7.7 時間 (1mSv  $\div$  0.13mSv/h), 最高の場合で約 2.2 時間 (1mSv  $\div$  0.46mSv/h) となる。つまり今回の測定の条件で 2.2~7.7 時間の検査

を行なうと、検査者は一般公衆の線量限度に相当する被曝をすることになる。これをさらに検査回数に換算すると、1検査の透視時間を3分4秒として、年間43回(2.2時間÷3分4秒)～151回(7.7時間÷3分4秒)の検査に相当する。

今回の測定では検査者が放射線防護をしない場合の線量を求めたが、実際の検査では鉛入りのエプロンを着用するなどの防護措置をとるので、実際の被曝線量はこれよりかなり少なくなる。したがって、今回の測定のような条件で検査を行ない、エプロン着用などの防護措置をとった場合、VFに従事する医療関係者が一般公衆の線量限度に相当する被曝をすることはないと考えられる。

### 3. 被曝線量の低減方法

上でみたように、VFにおける患者の被曝は胃撮影や頭部CTよりも少なく、また、検査者の被曝線量についても、放射線診療従事者や妊娠期間中の放射線診療従事者の線量限度はもちろんのこと、一般公衆の線量限度を超えることもないと考えられる。しかし、国際放射線防護委員会(ICRP)が勧告しているように、被曝線量は合理的に達成できる範囲でできるかぎり少なくすることが必要である<sup>10)</sup>。

患者の被曝線量の低減については、さまざまな方法が工夫されている<sup>11)</sup>。その中で検査時に実施可能なこととしては、X線管と患者との距離・管電圧・管電流・フィルターなどを適切に設定すること、透視時間を必要最小限に短縮すること、照射野を必要最小限に絞ることがあげられる。

検査者の被曝線量の低減については、医療法施行規則で「放射線診療従事者等の被ばく防止」として、方法が定められている<sup>9)</sup>。これは、遮蔽を行なうこと、X線装置と人体との間に適当な距離を設けること、被曝する時間を短くすることの3つである。

遮蔽については、VFの場合、検査者がX線照射中に検査室に入らずに隣室から患者に指示するだけで検査できれば、それが最も完全である。しかし、多くの場合検査室にとどまる必要があるため、鉛入りエプロンや含鉛ついたての使用が実用的である。防護メガネ、甲状腺用プロテクタの使用については、草間は心臓カテーテル検査に従事した医師の被曝線量を実測した研究結果から、水晶体や甲状腺が受ける1検査あたりの線量は100 $\mu$ Sv以下で、年間の線量限度150mSv(水晶体)、500mSv(甲状腺)と比較して十分に少ないので、その必要はないと述べている<sup>12)</sup>。しかし、被曝線量をできるだけ低くするためには、検査を円滑に実施でき、また、

患者に放射線に対する不安感を与えない範囲で防護をすることも妥当であると考えられる。

距離については、X線装置からの距離よりも、むしろ患者からの距離を大きくとることが検査者の被曝線量低減に有効であると考えられる。これは、検査者が受ける放射線はX線装置からの直接のものでなく、主として患者の体によって散乱された二次線によるからである<sup>13)</sup>。今回の測定でも、ファントムからの距離が最も大きい位置Aでの線量が、最も小さい値であった。

距離とともに、方向も線量に大きく影響すると思われる。今回の測定で70kV 0.6mAの条件をみると、ファントムからの距離が50cmの位置Cで0.28mSv/h、70cmの位置Bで0.29mSv/hと、距離が大きくなっても線量は低くなっていない。また、線量はおおむね距離の2乗に反比例する<sup>14)</sup>ので、ファントムからの距離が位置Cの2倍以上ある位置Aでは線量は4分の1程度になるはずであるが、実際には位置Cで0.28mSv/h、位置Aで0.13mSv/hと、2分の1程度にしかなっていない。これらの結果は80kV 0.7mAの条件でも同様であった。したがって、今回の測定条件では、ファントムからの距離が同じならば、位置Cの方向、つまり患者の側方に退避するのが、最も検査者の被曝を低減できるということができる。

時間については、患者にとっても検査者にとっても共通であるが、検査内容を精選して透視時間を短縮することで、被曝線量を低減させることが可能である。

以上のような放射線防護の方法を徹底し、被曝低減の努力をすることがVFに関わる医療関係者の責任であると考えられる。

### 4. 今後の課題

今回の測定では、ブロック状のファントムを用いて、照射野の中心での表面線量を測定した。これは、検査中に患者が被曝する最大の線量を示しており、検査の代表値としたり他の検査と線量を比較する上で有効である。しかし、実際の検査では人体のさまざまな器官が、それぞれさまざまな線量の被曝をしており、どの器官がどれだけの線量を被曝したかなどを含め、人体への影響を考慮した検討が必要である。

検査者の被曝線量については、防護用エプロンなどの使用を考慮に入れて、より実際の被曝線量に近い値を測定した上で、放射線被曝の影響を検討する必要がある。また、線量は測定位置により大きく異なるため、距離と方向による線量の違いについてさらに詳しく条件を定めて測定し、VFでの適切な検査者の位置について検討することも必要である。

被曝線量はX線透視装置により、かなりの違

いがあると考えられる。したがって、VFを行なう施設ごとに線量測定をしなければ、その施設での正確な線量はわからない。草間によれば、放射線の影響を心配している患者は、ある程度定量的な説明を望んでいることが多い<sup>12)</sup>。検査を受ける患者に十分な説明をするためにも、被曝線量とその影響について施設ごとのデータをもつことが必要と考えられる。さらに、多くの施設のデータを集めることにより、VFでの適正な被曝線量の基準を設定することが可能になると考えられる。

## 結論

VF実施時の患者と検査者の被曝線量を推定するため、線量測定用ファントムを用いて線量測定を行なった。

患者の皮膚表面線量に相当するファントム表面での吸収線量は、1検査あたりの線量と比較して、胸部直接撮影より多いが胃撮影や頭部CTより少なかった。

検査者の被曝線量は、法律で定められた放射線診療従事者や妊娠期間中の放射線診療従事者の線量限度を超えることがないのはもちろん、一般公衆の線量限度を超えることもないと推定できた。

しかし、さまざまな方法で放射線防護が可能であり、被曝線量低減のための努力が重要であると考えられる。

## 謝辞

透視時間についての資料を提供していただいた東京都立大塚病院リハビリテーション科の岡弘美氏（現都立北療育医療センター）、佐野紀子氏、野島啓子氏（現都立神経病院）、矢守麻奈氏（現都立駒込病院）に御礼申し上げます。

本稿の一部は、第9回日本嚥下障害臨床研究会（1997年7月5,6日、佐賀市）で発表しました。

## 文献

- 1) Logemann, J.A. Manual for the videofluorographic study of swallowing 2nd ed. Austin, PRO-ED, 42-43, 1993
- 2) Ekberg, O. Radiographic evaluation of swallowing. Groher, M. E. ed., Dysphagia: Diagnosis and management 2nd ed., Stoneham, Butterworth-Heinemann, 163-195, 1992
- 3) 藤島一郎. 脳卒中の摂食・嚥下障害. 東京, 医歯薬出版, 55, 1993
- 4) Perlman, A.L., Lu, C. et al. Radiographic contrast examination of the mouth, pharynx, and esophagus. Perlman, A.L. and Schulze-Delrieu, K. S. eds., Deglutition and its disorders: Anatomy, physiology, diagnosis, and management, San Diego, Singular, 153-199, 1996
- 5) Perlman, A. L. Application of instrumental procedures to the evaluation and treatment of dysphagia. Sonies, B.C.ed., Dysphagia: A continuum of care, Gaithersburg, Aspen, 137-169, 1996
- 6) Watkin, K. L. and Miller, J. L. Instrumental imaging technologies and procedures.
- 7) Sonies, B.C.ed., Dysphagia: A continuum of care, Gaithersburg, Aspen, 171-198, 1996
- 8) 丸山隆司, 岩井一男. X線診断による臓器・組織線量, 実効線量および集団実効線量.
- 9) Radioisotopes, 45:761-773, 1996
- 10) 丸山隆司. 医療被ばくの頻度と実効線量. 放射線科学, 38:317-324, 1995
- 11) 医療法施行規則. 厚生省令第50号, 1948 (第46次改正, 1997)
- 12) ICRP. Publication 60: 1990 recommendations of the international commission on radiological protection (Annals of the ICRP vol.21, no.1-3). Oxford, Pergamon Press, 28, 1991
- 13) 吉沢康雄, 草間朋子. 防護の概念. 日本医学放射線学会, 日本アイトープ協会編, 放射線診療における被曝の管理, 改訂3版, 東京, 日本アイトープ協会, 1-27, 1987
- 14) 草間朋子. あなたと患者のための放射線防護 Q&A. 東京, 医療科学社, 40, 90, 1996
- 15) 佐久間貞行, 金子昌生. 医療従事者の職業上の被曝と防護. 日本医学放射線学会, 日本アイトープ協会編, 放射線診療における被曝の管理 改訂3版, 東京, 日本アイトープ協会, 153-174, 1987
- 16) 林智, 森川薫. 放射線管理. 立入弘監修, 診療放射線技術 改訂第7版 下巻, 東京, 南江堂, 225-289, 1991

## Radiation exposure dose from the videofluorographic examination of swallowing

Jun HASEGAWA\*<sup>1</sup>, Tadashi SUNAYASHIKI\*<sup>2</sup> and Kazuhiro TAKEUCHI\*<sup>1</sup>

\*1 Department of Communication Disorders, Hiroshima Prefectural College of Health and Welfare

\*2 Department of Radiological Technology and Science, Hiroshima Prefectural College of Health and Welfare

### Abstract

In order to estimate radiation exposure doses for the patient and the examiner from the videofluorographic examination of swallowing, we conducted a dosimetric experiment using a cubic phantom. The estimated exposure doses for the patient at the skin surface, which were measured with thermoluminescent dosimeters placed in the patient's position, were 3.19~4.55mGy per minute, and the doses per examination were higher than those from chest radiography but lower than those from stomach radiography or head computed tomography. The estimated exposure doses for the examiner without wearing any radiation protection equipment such as a lead apron, which were measured with a sievertmeter placed in the examiner's position, were 0.13~0.46mSv per hour. Although the examiner's exposure doses are unlikely to exceed the legal dose limit for the general public, it is essential to endeavor to keep radiation exposure to a minimum for both the patient and the examiner.

**Key words** : swallowing dysphagia, videofluorography, radiation exposure, dosimetry