原著

在宅における医療被曝の研究

鈴木昇一* 古賀佑彦*² 藤井茂久*
権達観*² 折戸武郎*

Study for Patient Exposure of Diagnostic X-ray Examinations
at Patient's Home

Shoichi Suzuki*, *Sukehiko Koga*^{*2},
Shigehisa Fujii*, *Dal Kwan Kwon*^{*2}
and *Takeo Orito**

* *Faculty of Radiological Technology,*
School of Health Sciences, Fujita Health University

^{*2} *Department of Radiology,*
School of Medicine, Fujita Health University
1-98, Dengakugakubo, Kutukake-cho, Toyoake-shi,
Aichi, 470-11, Japan

Abstract

When X-rays are taken at home, both the patient and the patient's room are likely to be exposed to radiation. In this study, we measured the dose and investigated the problems that are anticipated with home-based radiographic examinations. A portable X-ray apparatus was used which operated with commercial power sources. This was a self-rectification device with a constant tube voltage. A chest X-ray examination was investigated, and, for comparison purposes, we measured the dose emitted by a mobile X-ray apparatus used inside hospital rooms.

To obtain identical radiation density, the portable X-ray apparatus required approximately 1.7 times more incidence dose at the surface than the mobile X-ray apparatus, with $17.93 \mu\text{C/kg}$ for the former, and $10.26 \mu\text{C/kg}$ for the latter. When X-rays were taken with the patient standing in front of either a 10 cm thick wall or a *shoji* (paper) screen, the dose at the other side of the wall was $0.658 \mu\text{C/kg}$, while the dose at the other side of a screen was roughly seven times that, or $3.540 \mu\text{C/kg}$. When X-rays were taken on the second floor, the dose a floor below, inside the radiation area, and at 150 cm from the floor, was $0.153 \mu\text{C/kg}$. Due to extremely poor radiation quality, the portable apparatus produced X-ray images of an inferior quality to those ordinarily taken inside hospital rooms. This study showed that, when taking X-rays in patients' homes, certain restrictions are deemed necessary to protect radiographers, caretakers, and other personnel from exposure.

* 藤田保健衛生大学 衛生学部診療放射線技術学科

^{*2} 藤田保健衛生大学 医学部放射線医学教室

(原稿受付日: 1996年4月1日)

1. 研究目的

X線検査は、医療法で定められた一定の防護設備のある撮影室で行われるが、特別な場合には緊急避難的行為として病室や手術室等で撮影が行われることがある。使用される装置はJISの診断用一体形X線発生装置(JIS Z 4711-1989)¹⁾に属し、移動可能な回診型X線装置(以下、ポータブルX線装置)である。しかしながら、この装置は医療施設内における移動は十分可能であるが、在宅で撮影を行うことを考えた場合には、手で運ぶことが可能なX線装置(以下、携帯用X線装置)が必要となる。装置重量は10kg程度、組立用指示器等も含め20kgが限界となる。それに合致した携帯用X線装置は、商用電源で撮影可能な撮影管電圧一定の自己整流方式の装置のみである。

本研究の目的は、いわゆる携帯用X線装置による患者被曝および患者周辺の被曝を測定し、在宅でX線撮影が行われる場合に予想される問題点を明らかにすることである。なお、比較のためにポータブルX線装置についても測定を行った。

2. 使用した装置及び器具

2-1 X線装置

携帯用X線装置：

アトムスコープ 20S (ミカサ)

医用X線装置 TR-20 (東芝)

ポータブルX線装置：

SIRIUS-100 移動型X線装置 (日立)

2-2 ファントム及び測定器

ファントム：

X線診断用水ファントム WAC形 JIS Z 4915-1974 準拠 (京都科学)

X線アナライザ：

X線アナライザ MODEL 100 (化成オプトニクス)

出力波形測定器：

蛍光量計 EY-1001 D (トーレック)

レコーダ メモリーハイコーダ 8803 (HIOKI)

線量測定器：

線量計 VICTOREEN RADOCON 500

電離箱 VICTOREEN 30-330 0.2 CC

電離箱サーベイメータ ALOKA ICS-301 4台

なお、線量計は国家標準とトレーサビリティをもたせ、サーベイメータ4台は校正されたものを使用した。

3. 実験方法

3-1 装置の特性

病室で撮影される最も頻度の多い胸部撮影の条件を選択して、装置の特性をX線アナライザ及び出力波形で比較した。

携帯用X線装置のアトムスコープ 20S は70 kV, 15 mA, 1.0 sec, TR-20 は70 kV, 20 mA, 1.0 secで行った。ポータブルX線装置は、管電圧70 kV, 5 mAs 及び60 kV, 5 mAs, の条件で測定した。アナライザでは最大管電圧、平均管電圧、照射時間、半価層、実効エネルギーを測定し、出力波形測定には蛍光量計を用いた。

3-2 入射表面線量及び散乱線量の測定

照射条件は、携帯用X線装置ではTR-20を70 kV, 20 mA, 1.0 sec, ポータブルX線装置では管電圧60 kV, 8 mAsとした。これらの撮影条件は、ファントム撮影濃度(増感紙 BM-III, フィルム FUJI RX-H)を同一としたものである。撮影距離は携帯用装置のスタンドの最大焦点床面距離120 cmとした。これは、通常の病室で撮影する距離にも相当する。照射野は40.5 cm×40.5 cmで入射表面線量、散乱線量を求めた。

入射表面線量はファントムの表面に電離箱線量計を装着して求めた。なお、携帯用装置は大角マスクで70 kV, 20 mA, 0.6 sec および四切

Fig. 1 直接線及び散乱線の測定方法

りマスクで 70 kV、20 mA、1.0 sec についても測定した。散乱線量測定は胸部撮影条件で電離箱サーベイメータ 4 台を用いて線束中心から 50 cm、100 cm、150 cm とし、高さは床面 0 cm、120 cm とした (Fig. 1)。

これらの測定は、病院内の床において測定したが、一般住宅の床 (畳) との比較も行った。

3-3 一般住宅における測定

携帯用装置を用いて、実際の住宅において 2 階で撮影した場合の階下 1 階での線量を求めた。測定は線束中心に沿った位置で 1 階の床から 150 cm、100 cm の高さで行った。また、坐位で撮影する場合も想定され得るので壁を背にしたときの射出側の壁を通常の壁と襖のような透過のよいもので測定した。

4. 結 果

4-1 装置の特性

携帯用装置では設定管電圧 70 kV の表示に対して、最大管電圧は 76.8 kV、78.1 kV と高値を示したが、平均管電圧は 65.4 kV、68.0 kV であった。ポータブル装置はほぼ設定値に近い値となった。一方、実効エネルギーは携帯用装

Table 1 携帯用 X 線装置 2 台とポータブル装置の特性—アナライザによる比較

	携帯用 X 線装置 (1) (70kV, 15mA, 1.0sec)	携帯用 X 線装置 (2) (70kV, 20mA, 1.0sec)	ポータブル装置 (60kV, 5mA)	ポータブル装置 (70kV, 5mA)
最大管電圧 (kV)	76.8	78.1	60.8	71.5
平均管電圧 (kV)	65.4	68.0	60.8	71.5
照射時間 (msec)	1070.0	1040.0	18.2	19.4
半値層 (HVL)	1.34	1.69	2.30	2.76
実効エネルギー (keV)	24.8	26.9	29.9	31.9

携帯用 X 線装置 (1) : アトムスコープ 20S , 携帯用 X 線装置 (2) : TR-20

Fig. 2 携帯用装置とポータブル装置の蛍光出力波形の比較

置では 70 kV の設定管電圧に対して 24.8 keV、26.9 keV、ポータブル装置では設定 70 kV において 31.9 keV、60 kV では 29.9 keV であった。実効エネルギーはポータブル装置の 60 kV より携帯用 X 線装置の 70 kV の方が低いことになり。同一設定管電圧では 5 keV 以上低い (Table 1)。

出力波形は携帯用装置は自己整流方式のパルス状を示し、ポータブル装置はコンデンサ方式の波尾切断を示した (Fig. 2)。

4-2 線量測定

4-2-1. 入射表面線量の比較

入射表面線量はポータブル装置で 10.26 $\mu\text{C/kg}$ 、携帯用装置では 17.93 $\mu\text{C/kg}$ と同一濃度を得るための照射条件では 1.7 倍程度、携帯用が多い。マスクを変更してもそれほど線量は減少しなかった (Table 2)。

Table 2 携帯用装置とポータブル装置の入射表面線量の比較

装 置	撮影条件	照射野	入射表面線量 (mR)	入射表面線量 ($\mu\text{C/kg}$)
*-タイプ装置	60kV, 8mA	大角*	39.8	10.26
携帯用装置 (1)	70kV, 20mA, 1.0sec	大角**	69.5	17.93
携帯用装置 (2)	70kV, 20mA, 0.6sec	大角**	38.9	10.04
携帯用装置 (3)	70kV, 20mA, 1.0sec	四切り***	64.8	16.74

ポータブル装置: HITACHI SIRIUS-100, 携帯用 (1)(2)(3): TOSHIBA TR-20
*ポータブル装置の照射野は、携帯用装置の大角のマスクに相当する大きさに設定した。
**大角マスク: 354mm x 354mm (実測では SID 120cm で 405mm x 405mm) ,
***四切りマスク: 252mm x 303mm (実測では SID 120cm で 288mm x 347mm)

4-2-2. 散乱線線量

床面においては中心より 50 cm で、携帯用装置はポータブル装置より 2 倍程度多いが、150 cm では両者の差は小さい (Fig. 3)。床から 120 cm の高さでは、50 cm の距離において、携帯用

Fig. 3 携帯用装置とポータブル装置の床面における散乱線の比較 (括弧内はポータブル装置を使用したときの線量, 中心部の四角はファントムを示す。)

(20) 医学 Vol. 66, No. 9 (1996)

装置では床面の 1/2 程度に減少する。ポータブル装置ではやや減少しているものの差は小さい。ポータブル装置の場合、100 cm の距離では、本体による遮蔽が有効になる位置での線量は非常に低く、その他の位置においては高さによる差はほとんどなかった (Fig. 4)。

Fig. 4 携帯用装置とポータブル装置の高さ 120 cm における散乱線の比較 (括弧内はポータブル装置を使用したときの線量, 中心部の四角はファントムを示す。)

病院の床 (コンクリート) と一般住宅の床 (畳) で比較したが、ほとんど差は生じていなかった (Fig. 5)。

Fig. 5 病院床 (コンクリート) と一般家屋床 (畳) での散乱線の比較 (括弧内は畳での線量を示す。)

4-2-3. 一般住宅における測定

一般住宅の 2 階で撮影した場合、直接線束の延長線上の階下の線量は、150 cm の高さ (1) では $0.153 \mu\text{C/kg}$ であったが、100 cm の高さではほとんど感知しなかった。また、線束を外れた位置において測定器では感知しなかった。隣室 (線束中心から 100 cm) の壁の外側では散乱

線をほとんど検出しなかったが、境界が障子の場合には $0.036 \mu\text{C/kg}$ であり、遮蔽効果は認められなかった。

次に、壁または障子を背に撮影した場合 (Fig. 6 (3), (4) の位置)、壁の外側の線量は、壁厚 10 cm, $0.658 \mu\text{C/kg}$ と障子 $4.540 \mu\text{C/kg}$ とでは約 7 倍の差が生じた (Fig. 6)。

Fig. 6 一般家屋における二階での撮影、及び壁を背にした場合の線量

5. 考 察

医療法施行規則に関する通知 (平成元年健政発第 20 号)、エックス線装置の防護 (第 30 条) (8) において、「移動型または携帯型エックス線装置は、撮影のみに使用し、その場合には放射線診療従事者等および他の患者等に対する必要な防護措置を講じた上で行う (一部略).」³⁾ となっている。対象は、医療施設内で緊急の必要性がある場合にのみ、限定されていると解釈されている。そのため、在宅で X 線撮影を日常的に行うことは医療法上はできないと考えられている。しかし、これはまた、緊急避難的には可能であるかもしれない。これについては、診療放射線技師法第 26 条 2 において、「診療放射線技師は、病院または診療所以外の場所においてその業務を行ってはならない。ただし、次に掲げる場合はこの限りではない。(1) 医師または歯科医師が診察した患者についてその医師又は歯科医師の指示を受け、出張して 100 万電子ボルト未満のエネルギーを有するエックス線を照射する場合」³⁾ という項目が存在する。

この解釈の取り扱い方によっては、在宅に適応できるかもしれない。さらに、高齢化社会を

迎えて在宅医療の充実が迫られている中では、在宅でのX線撮影が要求される状態も考えられる。早急に明確な指針が必要となる。

過去においても携帯用X線装置が用いられていたことがあるが、被曝に関する文献はほとんど見当たらない。そこで今回、在宅でX線撮影することを想定して、被曝の観点から移動可能な管電圧一定(70kV)の重量約10kgの携帯用の装置と、病院で使用されているポータブル撮影装置について比較したものである。

5-1 装置の名称について

医療法では「ポータブルX線装置」が移動型エックス線装置、「携帯用X線装置」が携帯型エックス線装置と表現されている。「携帯用X線装置」という用語や「ポータブルX線装置」はJISでは定義されていない。これらは、JIS Z 4711-1989では「診断用一体形X線発生装置」とされ、ポータブルX線装置、歯科用X線発生装置および小形撮影専用X線発生装置が含まれる。我々は、通常、病院やメーカーが使用している用語に従い、病室での回診用(または移動用)X線装置を「ポータブル装置」とし、手で持ち運び可能な装置を「携帯用X線装置」とした。最近、ポータブル装置には従来のコンデンサ方式に加えインバーター式装置も使用されているが、今回は、コンデンサ方式を比較検討の対象とした。

5-2 装置の特徴

携帯用の出力波形は自己整流方式のためパルス式となる。その線質はコンデンサ方式や三相12パルス方式に比べ低くなるはずである。今回の測定結果でも、同一設定管電圧の実効エネルギーは5keV以上低かったが、携帯用で撮影した場合、通常のコンデンサ方式に比べ実質的に設定管電圧で15-20kV低いことになる。また、フィルム面で同一濃度になるように設定した場合、携帯用装置はポータブル装置に比べ50倍程度の照射時間が必要となる。

照射野について、携帯用装置では照射野の大きさは可動絞りでなく照射野マスクが代用している。今回使用した装置TR-20では、4種類のマスクが用意されていた。フィルム面での大きさが大角(SID 60cm用, SID 120cm用)、

四切り(SID 60cm用, SID 120cm用)である。しかし、大角(120cmで354cm×354cm)では実測では405cm×405cm程度であった。また、確認用ランプがないため、中心及び照射野の縁も正確に確認することができない。実用上、非常に不便である。国際放射線防護委員会(ICRP) Publication 34⁴⁾において、実効可能な最小の大きさに照射野を絞ることを勧告しているが、これは不可能である。照射野については何らかの確認方法、対策が必要である。

5-3 線量

同一濃度を得るための入射表面線量が携帯用の方が大きいのは、同一設定管電圧において線質が低くなるためである。散乱線が線質が低いにもかかわらずポータブル装置より僅かではあるが大きくなったのは、絞りによる散乱の増加によるためと考えられる。携帯用装置は一枚のマスクで照射野を制限し、ポータブル装置は多重の可動絞りとなっている。照射野の端での散乱が増大すると考えられる。

また、ポータブル装置は装置自身が遮蔽となるため、装置側で線量が減少し、そこで操作する術者の線量も減少する。

5-4 在宅での問題点

床(畳)上で撮影したとき床面での散乱が高さ120cmの面より大きかったが、術者が鉛エプロンを装着しても立っている場合には、とくに下半身への遮蔽の効果がほとんどないことを意味する。病室においてポータブル撮影をする場合には、装置を利用した遮蔽と患者からの散乱に対する鉛エプロンで相当の遮蔽効果がある。携帯用装置では床からの散乱も含め術者の防護についても考慮する必要がある。

在宅では2階での撮影もありうる。その場合を考えて測定を行ったが、1階で床から100cm未満の高さでは測定不能であったが、150cmでは漏洩線量を確認できた。2階で撮影する場合、線束内には階下の人がいないように配慮することが必要であろう。同様に、坐位で撮影する場合、背部の壁が障子のようなX線透過の大きいものでは、線束方向に人が存在しないようにすべきである。

以上のことから、在宅でX線撮影する場合、

(22) 医器学 Vol. 66, No. 9 (1996)

術者及び介護者から放射線を防護するためには、

1. 線束中心から 200 cm 以上離れる.
2. 線束方向に人が立入れる場所においては、そこに人がいないことを確認してから撮影する.
3. 撮影する医師または診療放射線技師もできるだけ離れて撮影するようにする. そのためには、現在の装置からスイッチまでの距離を伸ばす装置の改良が必要である.
4. 術者は必ず防護エプロンを着用し、特に、下部からの放射線を防護できる方法を講じる. などが必要である.

6. 結 語

在宅でX線撮影する場合の装置の問題、患者および術者等の被曝の問題を検討した.

撮影される線質は非常に低いため、通常の設定管電圧と同等な画質は得られない. 実際在宅

でX線撮影が行われる場合は、術者および介護者等の被曝防護の点から何らかの規制または通達が必要と思われた.

なお、この研究は、平成6年度厚生科学研究費補助金「医療における放射線利用の質と評価と防護に関する研究」(研究代表者 古賀佑彦)の助成を受けた.

参 考 文 献

- 1) 厚生省編：平成7年度厚生白書（平成6年度厚生行政年次報告），ぎょうせい，東京，1995.
- 2) JIS バンドブック23（放射線（能））：日本規格協会，東京，1994.
- 3) 厚生省健康政策局監修：1994/'95 医療放射線防護関係法令集 アイソトープ法令集Ⅱ，日本アイソトープ協会，東京，1994.
- 4) ICRP Publication 34: X線診断における患者の防護，日本アイソトープ協会，東京，1983.