



Title	廻転横断撮影時の患者被曝線量
Author(s)	前越, 久; 古賀, 佑彦
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1974, 34(2), p. 108-115
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18636
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

廻転横断撮影時の患者被曝線量

名古屋大学医学部付属診療放射線技師学校 (校長：高橋信次教授)

前 越 久

名古屋大学医学部放射線医学教室 (主任：高橋信次教授)

古 賀 佑 彦*

(昭和48年5月23日受付)

(昭和48年10月16日最終原稿受付)

Exposure of patients in axial transverse tomography

By

Hisashi Maekoshi

Radiological Technician's School affiliated to Nagoya University School of Medicine

(Director: Prof. Shinji Takahashi)

Sukehiko Koga

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine

(Director: Prof. Shinji Takahashi)

Research Code No.: 302

Key Words: Axial transverse tomography, Skin dose, Volume dose,
Gonad dose

In axial transverse tomography for pelvis, radiation doses of the skin, gonad, and volume dose of a patient were measured and were compared with those in conventional radiography for the same part of the body.

Exposure conditions of axial transverse tomography for the pelvis were 120 kV (of the tube voltage), 25 mA (of the tube current), 15 sec (of exposure time), and 212.8 cm of the distance between the tube focus and the rotation center of tomograph for adults, and 110 kV, 5 mA, 15 sec, and 212.8 cm, respectively, for five-year-old children. The distance between the rotation center and the film was 50.5 cm. In order to control the field size during axial transverse tomography, the compensating filter (16 mm Al + 0.4 mm Cu) was installed at the top of the radiation cone.

In conventional radiography for the pelvis, the exposure conditions were 65 kV, 100 mAs, 100 cm of the source-film distance, and 30 × 30 cm of the field size for adults, and 65 kV, 20 mAs, 100 cm, and 22 × 22 cm, respectively, for children.

Absorbed dose in Mix Dp phantom of the pelvis was measured with the thermoluminescent dosimeter ($Mg_2SiO_4:Tb$). The volume dose for adults from conventional radiography was 2580 g.rad, that from axial transverse tomography with the compensating filter was 2230 g.rad, and that from axial transverse tomography without the compensating filter was 2770 g.rad.

*現在 藤田学園名古屋保健衛生大学放射線医学教室

The gonad dose for adult female from axial transverse tomography was about 1.4 times larger than that from conventional radiography and that for female child from axial transverse tomography was about 2.3 times larger than that from conventional radiography.

緒言

廻転横断撮影は診断の目的に、あるいは放射線治療計画に応用されている。この撮影が行なわれるとき、患者の受ける被曝線量を知ることは、他の撮影の場合と同様に重要であり、これが本研究の目的である。そこでまず我々は、廻転横断撮影がどのような条件で行なわれているかを全国38病院でアンケートにより調査した。次に廻転横断撮影を行なつたときの廻転中心の空中線量をしらべた。また、横断部位の代表として、線束内に生殖線が含まれる骨盤部の撮影での皮ふ線量、生殖腺線量及び容積線量を成人及び小児について、ファントムを使用してしらべた。小児（5歳女児を対象とした）について測定を行なつたのは、最近股関節脱臼の診断を目的とした撮影が行なわれることがしばしばあるためである。なお照射野が撮影中に移動する様な方法と、移動しない単純撮影の場合の被曝線量を、同一部位について比較し、被曝の状況を検討する。

アンケートの結果

我国で臥位式の廻転横断撮影装置を有する病院は、昭和46年2月現在、38病院であるが、各部位の撮影条件の調査に対して、全病院からの回答を得た。そのうち、骨盤部（成人）の撮影条件は次の様な結果であつた。管電圧を60~79KVで撮影しているところ、3施設（8%）80~99KVが14施設（37%）100~119KVが11施設（29%）120~140KVが10施設（26%）であつた。増感紙はMS級を使用しているのが26施設（68%）グリッド⁹⁾を使用しているのが24施設（63%）Compensating filter⁹⁾を使用しているのが14施設（37%）であつた。頭部、胸部及び頸部の廻転横断撮影を行なうとき用いられている管電圧の頻度を Table 1 に示した。

実験方法

使用した装置は、東芝製 360度廻転臥位式横断撮影装置（入射角20度）X線管球は DRX-90B で

Table 1 Kilovoltage of tube terminal for operation of the axial transverse tomograph. The data were obtained from 38 hospitals in Japan.

Tube voltage	Pelvis	Head	Chest	Neck
~ 59kV	0%	0%	0%	10%
60~ 79 "	8	35	41	45
80~ 99 "	37	35	35	35
100~119 "	29	20	20	7
120~140 "	26	10	4	3

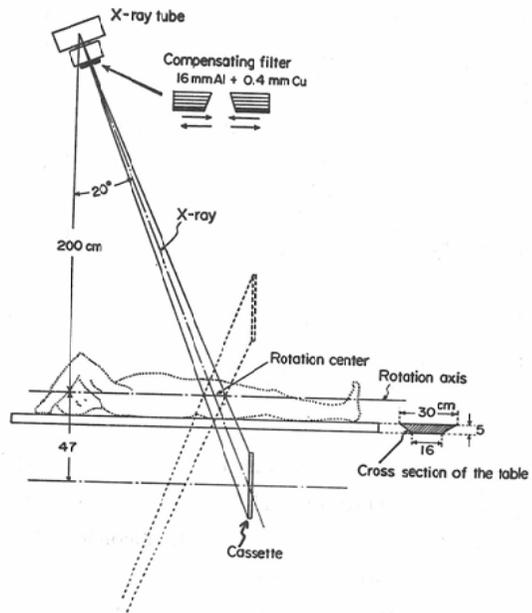


Fig. 1. Diagram of the axial transverse tomograph of the horizontal type

ある。その幾何学的配置図を Fig. 1 に示す。多重絞リ機の前縁には松田らの開発したCompensating filter⁹⁾（我々の使用したものは、16mmAl + 0.4mmCu）がとりつけられている。これは焦点より22cmの位置にあり撮影中の開口部の大きさは2.6~3.3cmの範囲である。焦点より廻転軸までの垂線の長さ200cm、廻転軸からカセットの廻転

軸まで47cmであり、X線像の拡大率は1.24倍である。X線管球は患者のまわりを15秒で1廻転(360度)する。廻転中心は、ベッドの上縁より上方12cmにある。

成人を対象としたファントムは3M製骨盤ファントム(恥骨結合のレベルでの前後径18.5cm, 左右径28.5cm)を原形として、これと同一の大きさのMix Dpファントムを作成し用いた。但し骨は入っていない。従つて卵巣等への吸収線量は過大評価されることは否めない。小児骨盤ファントムの大きさは、同一レベルで前後径が12cm, 左右径は21.3cmである。

測定点は、成人の場合次の5断面について行なつた。すなわち、今骨盤部のある部位の横断面の撮影(以下撮影面という)を行なつたとき、その部位の被曝線量と、その部位から7.5cm及び15cm頭方、7cm及び16.5cm足方の横断面の被曝線量を測定した。小児については、大腿骨々頭中央を廻転横断した場合、その横断面より3.5cm頭方の横断面(卵巣が存在すると思われる位置)の線量分布及び皮ふ線量を測定した。照射条件は成人の場合120KV, 25mA, 15秒。小児の場合110KV, 5mA 15秒である。一点の測定値は3回の照射実験の平均値をとつた。再現性は平均値の±8%以内であつた。

ファントム内部の線量分布及び皮ふ線量の測定には、極光TLD-1200, 熱蛍光ルミネッセンス線量計, TLD素子は2mmφ×10mmのガラス容器に封入したMg₂SiO₄:Tbを使用した。TLD素子の蛍光量と線量との関係は、Radocon II, 10MA. (35~400KeV; 精度±5%)及び10LA (6~35KeV; 精度±5%)電離箱により校正した。又この電離箱で空中線量の測定も行なつた。

TLDは⁶⁰Co-γ線にてR単位で校正してある。異なつたエネルギーのX線の線量依存性を知るために、Mix DpファントムのX線入射面から3cmの深さに電離箱の中心を合せ、TLDと同時曝射した。電離箱で最高1250mRまで、65KV(HVL: 1.8mmAl)及び120KV(HVL: 4.1mmAl)のX線を照射して、電離箱の読み値(R単

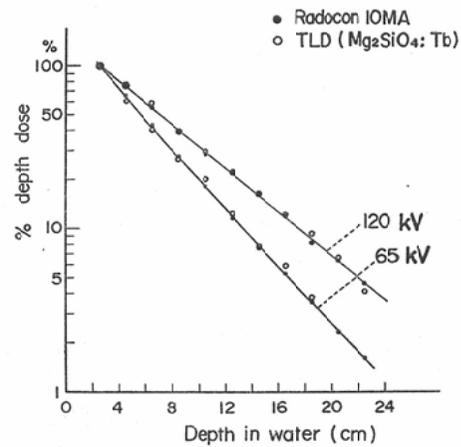


Fig. 2. X-ray attenuation curves in water measured with ionization chamber (—●—●—) and TLD phosphor (—○—○—)
SSD: 80cm. Field size: 10 × 10cm.

位)との比を求めた。両者は±8%の標準偏差内で直線関係にあつた。ファントムの種々の深さの照射線量をTLDで測定するとき、散乱線の影響で線量の変化によるエネルギー依存性の生ずることが考えられる。

電離箱とTLDとを65KV及び120KV X線と同時に曝射することにより、水中で深部量曲線を求めTLDのエネルギー依存性について検討した。結果はFig. 2に示すように水深24cmまでで、±8%の標準偏差内で一致していた。従つてこのTLDを用いて組織内の線量を測定しうる。この時、照射野10×10cm, SSD=80cmである。

TLDで皮ふ線量を測定することについては、TLDは有限の大きさをもつているため、皮ふ線量を正確に決定するには適していない。しかし廻転横断撮影では、照射野及び皮ふ面へのX線入射角が撮影中常に変化するため従来の平板型電離箱を使用する方法³⁾⁴⁾¹¹⁾¹⁵⁾では測定は困難である。この点ファントム表面のTLDの測定値は測定精度内で皮ふ線量とみなし得ることはすでに検討している⁷⁾。120KV及び65KVのX線の筋肉(Mix Dpを筋肉と等価と考えた)に対するラド変換係数は0.923及び0.915²⁾を用いた。

廻転中心の空中線量は次の様にして測定した。

すなわち、廻転中心に電離箱を固定し、管電圧を60~125KV(総濾過; 2mmAl 当量) 管電流を最高50mAまで変化させ、X線管球を360度廻転したときの照射線量を求めた。なおCompensating filterを用いて廻転横断撮影する場合、照射野の大きさは通常の単純撮影の場合の様には明確でない。被写体の被曝線量を知らうとするとき、照射野内の線量分布を知ることは必要であり、これは使用した Compensating filter の特性にもよる。

成人及び小児骨盤ファントムを単純撮影した場合の、皮ふ線量及び体内の線量分布の測定は、次の様な照射条件で行なつた。すなわち成人の場合65KV, 100mAs 増感紙 FS, Bucky blende(grid ratio; 8)を使用, SFD=100cm (SSD=78cm) 照射野30×30cm。小児の場合65KV, 20mAs, SFD=100cm (SSD=84.5cm) 照射野22×22cmでありまた増感紙, Bucky blendeは成人の場合と同じである。

成人骨盤ファントムを廻転横断撮影及び単純撮影した場合の横断面の線量分布から図式法により近似的に容積線量を計算した。廻転横断撮影の場合、線量分布が測定してある横断面を中心に、隣りの測定してある横断面の間までが同一線量分布を示すものと仮定し、2つの等線量曲線の間の面積をプランニメーターで測定し、これに体軸方向の厚さと平均の吸収線量を乗じて、この部分の容積線量とし、同様の方法で全体の容積線量を求めた。単純撮影の場合も同様に横断面の線量分布をもとに、体軸方向に30cmの範囲に利用線維が通過するものとし、この範囲の容積線量を計算した。

実験結果

(1) 廻転中心の空中線量

X線管球が一廻転したとき、廻転中心の空中線量と管電圧及び管電流との関係をFig. 3に示す。人体各部位を廻転横断するとき、廻転中心の空中線量は、同型機種を使用する限り、この図で網羅されているといえる。例えば、成人の骨盤撮影を行なう場合、120KV, 25mAでは850mR, 小児の場合110KV, 5mAでは190mRである。

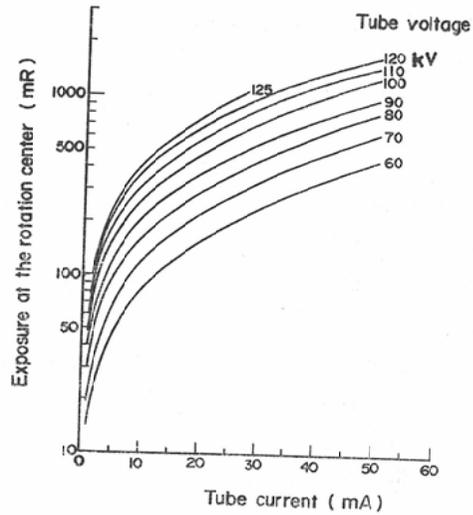


Fig. 3. Variation of exposure at the rotation center of the axial transverse tomograph with tube current for tube voltage
Rotation angle: 360 deg. Exposure time: 15 sec.
Field size: 13 × 30cm.

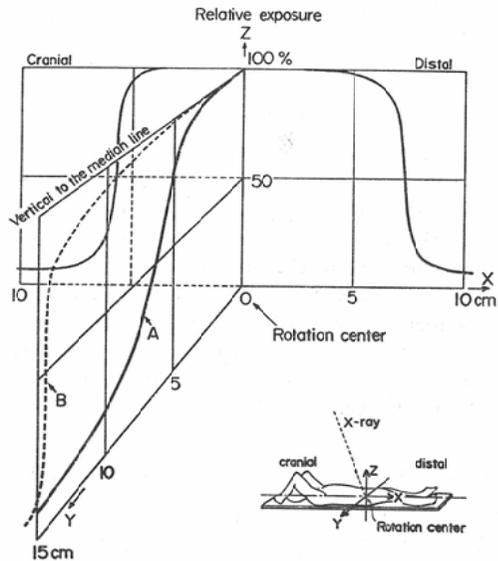


Fig. 4. Dose distribution on the X-Z and Y-Z planes containing the rotation center in the axial transverse tomography with compensating filter (A) and without compensating filter (B)
Right bottom: Diagram of X,Y, and Z co-ordinate axes in the axial transverse tomography.

(2) 回転中心を含む横断面のX線強度分布

X線管球がベッドの直上にあるとき、廻転中心の空中線量を100%とし、照射野内のX線強度分布をFig. 4に示す。Compensating filterを使用した場合、ベッドの長軸方向(X軸)では廻転中心から頭方4cm、足方5cmにわたり、ベッドの長軸に垂直方向(Y軸)では±2cmにわたってほぼ100%のX線強度分布を示す。Y軸上で±6cmの点の線量は、廻転中心の線量の約50%に低下している。Y軸上、点線の曲線(B)はCompensating filterのない場合のX線強度分布を示す。

(3) 患者の被曝線量

成人の場合：成人骨盤部の廻転横断撮影を行なった場合、撮影面の線量分布をFig. 5に、撮影面

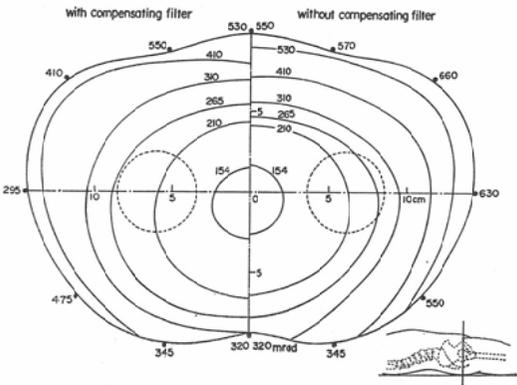


Fig. 5. Dose distribution on the cross section at the rotation center in the axial transverse tomography for adult pelvis. The dotted circles show the more common locations of the ovaries. Right bottom: The perpendicular line shows the level where the tomography and dose measurement were carried out. Exposure conditions: 120 kV, 25mA, 15 sec.

より7.5cm頭方の部位のものをFig. 6に、15cm頭方のものをFig. 7に示す。又撮影面より7cm足方の部位の線量分布をFig. 8 (A)に、16.5cm足方のものをFig. 8 (B)に示す。図の左側はCompensating filterを用いた場合、右側は用いない場合の線量分布である。

撮影面の部位の皮ふ線量はCompensating filterを用いた場合最高は前腹部で550mrad、最低は体

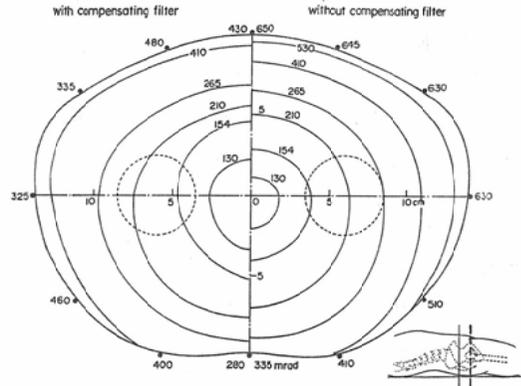


Fig. 6. Dose distribution on the cross section at 7.5 cm cranial from the rotation center in the axial transverse tomography. The dotted circles show the more common locations of the ovaries. Right bottom: The broken line shows the level where the tomograph was taken and the solid perpendicular line shows the level where the dose measurement was carried out. Exposure conditions: 120 kV, 25 mA, 15 sec.

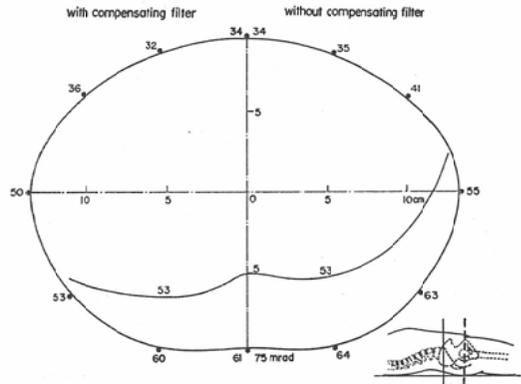


Fig. 7. Dose distribution on the cross section at 15 cm cranial from the rotation center in the axial transverse tomography. Right bottom: The broken line shows the level where the tomograph was taken and the solid perpendicular line shows the level where the dose measurement was carried out. Exposure conditions: 120 kV, 25 mA, 15 sec.

側で295mrad、Compensating filterを用いない場合、最高は前腹部外側の660mrad、最低は背部の320mradであつた。一方体内では、前腹部体表面から深さ6cm辺りまでの線量分布にCompensating filterの影響がみられるが、中心部でのその

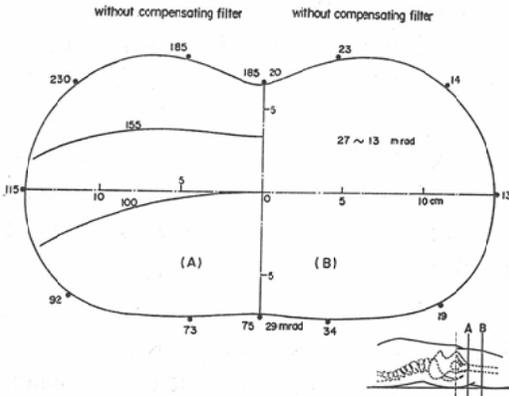


Fig. 8. Dose distributions on the cross sections at 7 cm distal (A) and at 16.5 cm distal (B) from the rotation center in the axial transverse tomography. Right bottom: The broken line shows the level where the tomograph was taken and each of solid lines (A and B) shows the dose measurement was carried out. Exposure conditions: 120 kV, 25 mA, 15 sec.

影響は少い。体内の廻転中心部の被曝線量は 150 mrad であった。女子でこれらの撮影面内に卵巣が含まれる場合を想定すると、図中点線の円内のどこかにあると考えられる。つまり卵巣は個人差があり、Fochem¹⁾等は卵巣の位置はこの円内にあるとしている。従つて卵巣は 160mradから 250 mrad の間の被曝を受けることになる。男子生殖線の場合は Fig. 8 (A) と横断図譜¹⁶⁾から推定して約 110mrad から 150mrad の被曝を受ける。撮影面より 15cm 頭方及び 16.5cm 足方の部位は完全に利用線維からはずれた部位である。ここでは Compensating filter には殆んど影響されず体内で 50mrad 前後の被曝を受ける。

小児の場合：撮影面から 3.5cm 頭方の横断面の線量分布及び皮ふ線量を Fig. 9 (A) に示す。図の左側は Compensating filter を用いた場合、右側は用いない場合である。体側の皮ふ線量は Compensating filter を用いないと、約 1.7~2 倍の線量増加になり、成人の場合とほぼ同じ傾向である。又卵巣の吸収線量は 80~ 100mrad の範囲であつた。

(4) 単純撮影の場合の被曝線量

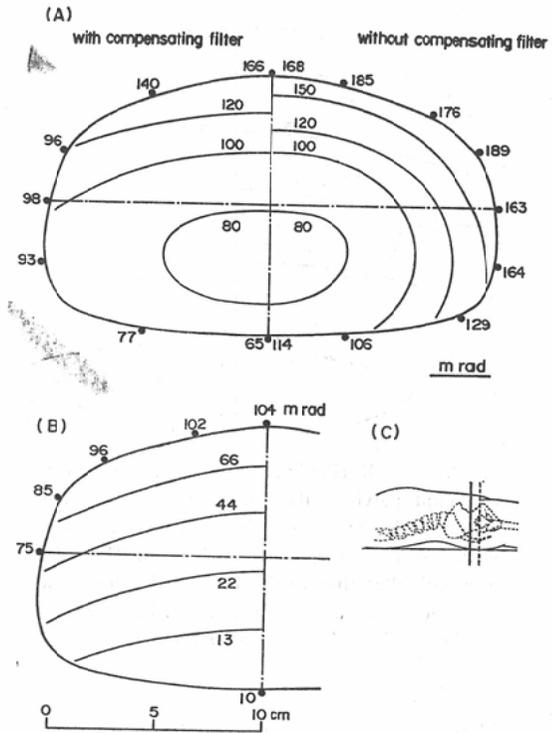


Fig. 9. (A) Dose distribution on the cross section of child pelvis at 3.5 cm cranial from the rotation center in the axial transverse tomography. Exposure conditions: 110 kV, 5 mA, 15 sec. (B) Dose distribution on the cross section of child pelvis in the conventional radiography. Exposure conditions: 65 kV, 20 mAs, SFD 100 cm. (C) The broken line shows the level where the tomograph was taken and the solid perpendicular line shows the level where the dose measurement was carried out. Distance between these two levels is 3.5 cm.

成人の場合：成人骨盤ファントムを単純撮影した場合利用線維の中心が通過する部位の皮膚線量及び横断面の線量分布を Fig. 10 に示す。焦点側の皮膚面の線量は、950mrad を示し、卵巣(図中点線円内)の吸収線量は 60~ 180mrad の範囲にある。

小児の場合：小児骨盤ファントムを単純撮影した場合の皮膚線量及び横断面の線量分布を Fig. 9 (B) に示す。焦点側の皮膚線量は 104mrad、卵巣の吸収線量は 22~ 44mrad の範囲であつた。

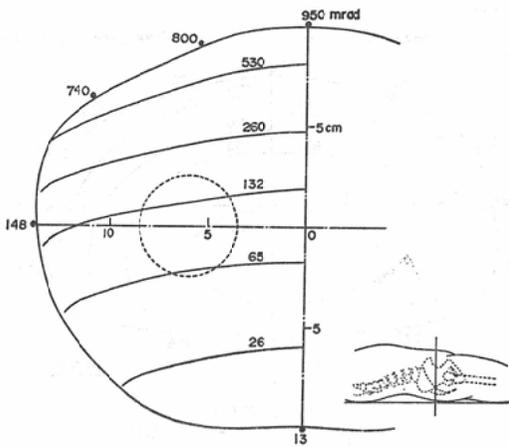


Fig. 10. Dose distribution on the cross section of the adult pelvis in the conventional radiography. The dotted circle shows the more common location of the ovaries. Right bottom: The solid perpendicular line shows the level where the dose measurement was carried out. Exposure conditions: 65 kV, 100 mAs, SFD 100 cm.

(5) 容積線量

成人骨盤部の廻転横断撮影を行なった場合の容積線量を Fig. 5 ~ Fig. 8 にもとずいて図式法により近似的に求めた⁷⁾。Compensating filter を用いた場合凡そ 2230g·rad, Compensating filter を用いないと 2770g·rad になる。同じファントムを単純撮影したときの容積線量を Fig. 10 にもとずいて求めると、2580g·rad になる。但しこの値は利用線維内の吸収線量についてのみ求めたもので、照射野外の側方散乱による吸収線量は加味されていない。この結果 Compensating filter を用いて廻転横断撮影を行なうと、単純撮影を行なう場合よりむしろ容積線量は少なかった。

考 按

人体を X 線撮影するときの被曝線量は、単純撮影については多くの報告⁵⁾¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾¹⁷⁾があり、断層撮影¹⁴⁾についても報告はある。しかし廻転横断撮影の場合の患者被曝線量についての報告はみられない。高橋¹⁶⁾、古賀⁵⁾等は、照射線量についてわずかにふれてはいるが詳細なものではない。最近熱蛍光線量計 (TLD) が市販される様になり、診断域の低線量の測定が比較的容易になつてき

た。使用した TLD は小形で、多数本同時に使用出来る利点があり、線量依存性、線質依存性及び精度の限界をわきまえば、この目的に使用出来る。

臥立式廻転横断撮影装置で人体各部を撮影する時の撮影条件は、アンケートの結果にある様にかなりの中がある。骨盤部の廻転横断撮影を 100 K V 以上で行なっている施設と 100 K V 以下で行なっている施設は、ほぼ半数づつであった。今成人骨盤ファントムを 80 K V 及び 100 K V で撮影したとき、廻転中心の空中線量が 80 K V では 1780 mR, 100 K V では 980 mR のとき、ほぼ同一濃度の横断写真が得られる。これは 120 K V の場合の 2.1 倍及び 1.2 倍の増加である。横断撮影に於る管電圧と画質の問題については他で論じたが⁶⁾、単純撮影の場合程管電圧による写真コントラストに及ぼす影響が顕著でないのは確かである。従つて被曝線量の点から 120 K V 程度の高管電圧で、骨盤部の廻転横断撮影を行なうのが有利である。他の部位についても、適正な管電圧を決める必要がある。

一般に撮影時の被曝線量を言い表わすとき、単純撮影の場合は入射面の最高の皮膚線量で表現することが多い。一方廻転横断撮影の場合は、廻転中心の空中線量で言い表わしている。この撮影では最も普遍的な量であるからであろう。しかしこの線量は患者の被曝線量の多少を判断する目安としての量では価値はあるが、被曝線量そのものではない。今回は廻転中心の空中線量と容積線量及び皮膚線量の関係を示した。

廻転横断撮影の被曝線量は、単純撮影のそれと比較し、その多少を判断すると分り易い。Compensating filter を使用した廻転横断撮影は不必要な照射を減少させるため照射野が小さくなり容積線量も比較的少なくてすむ。一方単純撮影は、前者に比較し、焦点-皮膚間距離が小さく、照射野が大きいこと、管電圧が低いこと等のため容積線量は大きくなる傾向であった。今後このような廻転横断撮影を行なった場合、患者の骨髄線量の評価も行なう必要があると考える。

結 論

成人及び小児の骨盤部を廻転横断撮影した場合の被曝線量を測定し、単純撮影の場合の被曝線量と比較検討した。測定には TLD($Mg_2SiO_4: Tb$)を使用し、主として皮膚線量及び生殖線量を求めた。又横断面の線量分布をもとに図式的に容積線量を近似計算した。

Comensating filter を用い、骨盤部の廻転横断撮影を行なえば、単純撮影の場合より容積線量は小さい。但し卵巣の受ける被曝線量は成人の場合も、小児の場合も廻転横断撮影の方が大きい。利用線維以外の部位の体内の被曝線量は、ベッドに接した部分がやや高い値を示す他は殆んど均一に照射される。皮ふ線量は、廻転中心の照射線量より少い。

本論文についてご校閲、ご示唆を賜った高橋信次教授に深甚の謝意を表す。

本論文の要旨は昭和46年4月4日、第30回日本医学放射線学会総会で発表した。

文 献

- 1) Fochem, K. und Pape, R.: Fortschr. Roentgenstr. 97. 6 (1962) 785—793.
- 2) ICRU.: Report. 17, Radiation Dosimetry: X-Rays Generated at Potentials of 5 to 150 KV. (1970), p 28. 4201 Connecticut avenue, N.W. Washington, D.C. 20008 U.S.A.
- 3) Johns, H.E., Epp, E.R., Cormack, D.V. and Fedoruk, S.O.: Brit. J. Radiol. 25 (1952) 302—308.
- 4) Kemp, L.A.W. and Burns, J.E.: Acta Radiol. 49 (1958) 471—484.
- 5) 古賀佑彦, 山本千秋, 田宮 正: 臨床放射線, 17, 2 (1972), 122—128.
- 6) 前越 久, 富田達也, 古賀佑彦: 日本医放会誌, 31, 5 (1971), 555.
- 7) 前越 久, 藤田恒治, 佐久間貞行: 日本医放会誌, 33, 4 (1973), 44—51.
- 8) 松田忠義, 伴 和友, 遠藤重男: 日本医放会誌, 26, 3 (1966), 29—39.
- 9) 松田忠義, 遠藤重男, 沢田 実: 日本医放会誌, 28, 10 (1969), 83—87.
- 10) Morgan, R.H. and Gehret, J.C.: Am. J. Roentgenol. 97 (1966) 793—810.
- 11) Richardson, J.E., Kerman, H.D. and Brucer, M.: Radiology. 63 (1954) 25—36.
- 12) Rogers, R.T.: Brit. J. Radiol. 42 (1969) 511—518.
- 13) Sanders, A.P., Sharpe, K., Cahoon, K. et al.: Am. J. Roentgenol. 84 (1960) 359—368.
- 14) Stieve, F.E.: Acta Radiol. 55. 6 (1961) 465—485.
- 15) 白貝彰宏, 野田博治: 日本医放会誌, 28, 1 (1968), 68—71.
- 16) Takahashi, S.: An atlas of axial transverse tomography and its clinical application. Berlin: Springer-Verlag (1969) 12.
- 17) United Nations Scientific Committee on the effect of Atomic Radiation. A/AC. 82/R. 252/ Rev. 1—5. April (1971)