原 著

CT装置をIVRに使用するための放射線防護用具

飯田泰治・茶島光浩・清水 満・田村鋒男

論文受付
2001年6月12日論文受理
2001年9月3日

Code No. 621

金沢大学医学部附属病院放射線部

緒 言

interventional radiology (IVR) は非侵襲的な治療法として著しく普及した。近年では腫瘍の支配血管に対する超選択的CT-angiography (CT-A), CT透視を用いた

経皮的針生検や経皮的椎体形成術などcomputed tomography (CT) を用いたIVR (以下, IVR-CT) の有用性が報告されている¹⁻³⁾。その反面, 術者の被曝線量の増大がクローズアップされ, 血管系IVRでは術者を護

The Radiation Protective Devices for Interventional Procedures Using Computed Tomography

HIROJI IIDA, MITSUHIRO CHABATAKE, MITSURU SHIMIZU, and SAKIO TAMURA

Department of Radiology, Kanazawa University Hospital

Received June 12 2001; Revision accepted Sept. 3, 2001; Code No. 621

Summary

A scattered dose and a surface dose from phantom measurements during interventional procedures with computed tomography (IVR-CT) were evaluated. To reduce the personnel exposure in IVR-CT, the new protective devices were developed and its effect evaluated. Two radiation protection devices were experimentally made using a lead vinyl sheet with lead equivalent 0.125mmPb. The first device is a lead curtain which shields the space of CT-gantry and phantom for the CT examination. The second device is a lead drape which shields on the phantom surface adjacent to the scanning plane for the CT-fluoroscopy. Scattered dose and phantom surface dose were measured with an abdominal phantom during Cine-CT (130 kV, 150 mA, 5 seconds, 10 mm section thickness). They were measured by using ionization chamber dosimeter. They were measured with and without a lead curtain and a lead drape. Scattered dose rate was measured at distance of 50-150 cm from the scanning plane. And, surface dose was measured at distance of 4-21 cm from the scanning plane on the phantom. On operator's standing position, scattered dose rates were from 8.4 to 11.6 μ Gy/sec at CT examination. The lead curtain and the lead drape reduced scattered dose rate at distance of 50 cm from the scanning plane by 66% and 58.3% respectively. Surface dose rate were 118 μ Gy/sec at distance of 5 cm from the scanning plane at CT-fluoroscopy. The lead drape reduced the surface dose by 60.5%. High scattered exposure to personnel may occur during interventional procedures using CT. They were considerably reduced during CT-angiography by attaching the lead curtain in CT equipment. And they were substantially reduced during CT-fluoroscopy by placing the lead drape adjacent to the scanning plane, in addition, operator's hand would be protected from unnecessary radiation scattered by phantom. It was suggested that the scattered exposure to personnel could be sufficiently reduced by using radiation protection devices in IVR-CT. The radiation protection devices and the CT equipment should be improved or developed based on the radiation protection.

Key words: Computed tomographic fluoroscopy, Radiation protection, Interventional procedure, Scattered radiation, Radiation protective device

別刷資料請求先: 〒920-8641 石川県金沢市宝町13-1
金沢大学医学部附属病院 放射線部 飯田泰治 宛

Fig. 1 Diagram illustrating the geometry used to measure scattered dose rates at CT procedure.
a: Horizontal plane, b: Vertical plane.

るための放射線防護用具が考案され被曝を十分に低く抑えることができるようになった⁴⁻⁶⁾。しかし、IVR-CTを行うための放射線防護用具の研究はCT透視下生検で手指がX線ビーム内に入るのを防ぐための穿刺針保持器具以外にほとんどなされていないのが現状であり、術者の被曝線量の増大が懸念されている。そこで、IVR-CTにおける術者の散乱線による被曝線量を低減することを目的に⁷⁾、含鉛ビニルシートを用いて試作した放射線防護用具に対してファントム実験から放射線防護手段としての有効性について検討した。

1. 使用機器

1) X線CT装置

株式会社東芝製 X線CT装置 Xvision/SP

2) X線装置

株式会社東芝製 DSA装置

X線発生装置 KXO-80C

撮影支持装置 CAS-8000V

画像処理装置 DFP-2000A

アルミニウム総濾過 2.5mmAl

3) ファントム

腹部用楕円ファントム(以下、腹部ファントム)

オリオン電機社製 ORP-951(JIS Z4915準拠)

長径30cm, 短径20cm, 長さ45cm

4) 電離箱線量計

ラドカル社製 model 9015

使用プローブ

(1)90×5-1800(散乱線測定用1800cc)

(2)10×5-6(指頭型：一般撮影装置用6cc)

(3)10×5-60(平行平板型：一般撮影装置用60cc)

5) 含鉛防護シート(以下、防護シート)

防護シートはE-Z-EM社製の鉛材X線防護前掛(公称鉛当量0.25mmPb)を改良して作成した。この防護前掛は0.125mmPb当量の含鉛ビニルシート2枚構造である。防護シート作成にあたっては重量を考慮し1枚構造とした。

6) 標準鉛板

0.10mm：100×100mm² 純度 99.99%

0.20mm：100×100mm² 純度 99.99%

0.30mm：100×100mm² 純度 99.99%

0.50mm：100×100mm² 純度 99.99%

2. 方法

撮影条件を管電圧130kV、管電流150mA、スライス幅10mmとし、5秒間のシネモードスキャンから散乱線の線量率を求めた。測定された線量率は8.76μGy/mRを乗じて空気カーマ率に変換した。なお、CT透視については管電流30mAの条件下の線量率に換算した。

スキャン面からファントム先端までの距離(以下、スキャン位置)は頭部スキャンを想定した場合10cm、腹部スキャンを想定した場合25cmとした。なお、ファントム表面における散乱線量(以下、表面線量)の測定は本来腹部スキャンと同じスキャン位置25cmで行いたいところであるが、腹部ファントム内部の散乱線分布を考慮し、スキャン位置を15cmとすることでスキャン面-測定点距離が20cmを超える点まで設定できるようにした。

2-1 実効エネルギーと防護シートの鉛当量

実効エネルギーはアルミニウム減弱法により減弱曲線を作成し、半価層を求め計算した。この際、アルミニウムの質量減弱係数データは光子減弱データブックの値を使用した⁸⁾。

防護シートの鉛当量をX線CT装置(管電圧130kV)およびDSA装置(管電圧100kV)で求めた。測定は標準鉛板の透過率曲線を作成し、透過率曲線から防護シートの透過率に相当する鉛当量を求めた⁹⁾。

2-2 CT室の散乱線分布

腹部ファントムを用いてFig. 1に示す幾何学的配置で検査時のCT室の散乱線分布を測定した。Fig. 1aは平面図、Fig. 1bは立面図を示す。測定はプローブ(1)を用いて、スキャン位置10cmと25cmで行った。測定に際し、0°方向をCT寝台の長軸(Z軸)方向とし、測定方向をスキャン中心から左右へ放射状に頭側へ

Fig. 2 Schematic diagram illustrates the geometry used to measure the scattered dose rate at the bottom and the surface of abdominal phantom. Measurement of the doses at the bottom (a) and the surface (b) of a phantom

$\pm 18^\circ$, $\pm 36^\circ$, $\pm 54^\circ$ および, 尾側へ 18° , 36° , 54° とした. 測定点は各方向においてスキャン中心から, 50cm, 100cm, 150cm の点とした. 測定点の高さは床面から 65cm, 105cm, 135cm とした. なお, 105cm はスキャン中心の高さである.

2-3 ファントムの底面と表面の散乱線分布

腹部ファントムを用いて Fig. 2a に示すようにファントムの底面上にプローブ(3)を置き, スキャン面とプローブの距離を 2cm から 1cm 間隔で 16cm まで変化させて, ファントム底面における CT 検査時の散乱線量を測定した. 測定は底面の中心部と辺縁部で行った.

また, 表面線量を Fig. 2b に示すようにスキャン位置を 15cm として測定した. 測定はプローブ(2)を図のようにファントムの長軸上に平行に置き, スキャン面とプローブの距離を 3cm から 1cm 間隔で 22cm まで行った.

2-4 CT 検査に対する防護

CT-A などの IVR-CT 検査では CT ガントリ近傍における手技の増加に伴う術者の被曝線量の増加が懸念される. そこで, Fig. 3a の写真で示すように, CT ガントリ開口部を防護シートでカーテン状に遮蔽し, CT 室の散乱線分布を測定した. 防護シートをカーテン状に使用する場合を lead curtain と定義する.

測定は Fig. 3b に示すようにスキャン位置 25cm で, lead curtain の設置場所をスキャン面から 5cm と 25cm で行った.

また, lead curtain 使用時の表面線量を Fig. 3c に示す

Fig. 3 Schematic diagram illustrates the geometry used to measure the scattered dose rate with the lead curtain.

a: Photograph depicts the lead curtain attached to CT equipment.

b: Geometrical setup for the scattered dose rate measurement in CT examination room.

c: Geometrical setup for the phantom surface dose.

ようにスキャン位置 15cm で, lead curtain の設置場所を スキャン面から 5cm, 10cm, 15cm として測定した. 測定は lead curtain の尾側へ 2cm から 1cm 間隔で スキャン面より 22cm まで行った.

2-5 CT 透視に対する防護

CT 透視は目的部位を中心として狭い範囲をスキャンし, 経皮的針生検などの手技を行うため, 術者は CT ガントリ近傍に位置し, X 線ビーム近くへ身体の一部を近づける. そこで, Fig. 4a に示すようにスキャン面を中心とする $\pm 15\text{mm}$ 幅以外のファントム表面を防護シートで遮蔽し, CT 室の散乱線分布と表面線量を測定した. 防護シートをファントムの表面を覆うために使用する場合を lead drape と定義する. CT 室の散乱線分布の測定はスキャン位置 10cm と 25cm で行った.

表面線量の測定は Fig. 4b に示すようにスキャン位置 15cm で, (1) 頭側および尾側の両方を遮蔽, (2) 尾側のみ遮蔽の場合について測定した. 測定はスキャン面とプローブの距離を 4cm から 1cm 間隔で 22cm まで行った.

Fig. 4 Schematic diagram illustrates the geometry used to measure the scattered dose rate with the lead drape. a: Measurement of the scattered dose rate with the lead drape in CT examination room. b: Measurement of the phantom surface dose with the lead drape.

Fig. 5 Scattered dose rate distribution of CT examination room. Scattered dose distribution at a height of 65 cm (a), 105 cm (b) and 135 cm (c) from the floor. Scattered dose distribution in the direction of 0 degree (d) and 36 degrees (e)

3. 結果

3-1 実効エネルギーと防護シートの鉛当量

CT装置のX線(130kV), およびDSA装置のX線(100kV)の実効エネルギーは, 48keV(アルミニウム半価層 6.65mm), 33keV(アルミニウム半価層 3.05mm)であった. 防護シートの鉛当量はCT装置の130kVのX線で0.12mmPb, DSA装置の100kVのX線で0.12mmPbと両装置で変化はなかった.

3-2 CT室の散乱線分布

Fig. 5a~cにスキャン位置10cmの場合の散乱線分布を, Fig. 5dに頭側 0°方向, Fig. 5eに頭側36°方向にお

ける垂直面の散乱線分布を示す. 術者が立つ位置を頭側±36°方向, 尾側36°方向でスキャン面から50cmと仮定すると(以下, 術者位置), 術者位置での線量率は8.4~11.6 $\mu\text{Gy/sec}$ であった.

Fig. 6にスキャン位置が10cmと25cmの場合の散乱線分布を示す. スキャン位置を10cmから25cmとすることで距離50cmにおける散乱線量は高さ65cmでは0°方向26.3%, 36°方向16.9%減少した. 同様に, 高さ105cmでは69.3%, 60.0%, 高さ135cmでは34.9%, 37.3%減少した.

3-3 ファントム底面および表面の散乱線分布

Fig. 7にファントム底面および表面における散乱線量

Fig. 6 Change of the scattered dose rate by the distance from the scanning plane to phantom edge. Scattered dose distribution at a height of 65 cm (a), 105 cm (b) and 135 cm (c) from the floor.

Fig. 8 Change of the scattered dose rate in the examination room by the lead curtain. Scattered dose rates distribution at a height of 65 cm (a), 105 cm (b) and 135 cm (c) from the floor.

とスキャン面-プローブ間距離の関係を示す。ファントム底面および表面の散乱線量はスキャン面-プローブ間距離の増加に伴い減少した。なお、プローブの方向依存性について測定した結果 $\pm 3\%$ 以下であった。

3-4 CT検査に対する防護

Fig. 8にlead curtainによる散乱線量の変化を示す。図は 36° 方向の散乱線量の変化である。lead curtainの設置場所が5cmの場合、術者位置での線量率は高さ65cmで36.5%，105cmで31.5%，135cmで42.4%減少した。同様に設置場所25cmの場合には65.4%，55.9%，68.7%減少した。

lead curtainによる表面線量の変化をFig. 9に示す。lead curtain から2cm尾側の点における表面線量を比較すると設置場所5cmでは63.8%，10cmでは67.3%，15cmでは67.1%減少した。

3-5 CT透視に対する防護

スキャン位置10cmと25cmの場合のlead drapeによる

Fig. 7 The phantom surface doses distribution at the bottom and the surface of an abdominal phantom (130 kV, 150 mA, 10-mm section thickness) as a function of the distance from the scanning plane.

Fig. 9 Change of the phantom surface dose by the lead curtain. Measurements were made with the exposure technique (130 kV, 150 mA, 10- mm section thickness).

遮蔽効果をFig. 10に示す。スキャン位置10cmの場合、術者位置における散乱線量は高さ65cmで36.2%，105cmで19.0%，135cmで49.8%減少した。同様にスキャン位置25cmの場合には59.7%，48.2%，66.9%減少した。

lead drapeによる表面線量の変化をFig. 11に示す。頭側および尾側の両方を遮蔽すると散乱線量はスキャン面からの距離4cmで59.2%，5cmで60.5%，6cmで64.4%，10cmで73.4%減少した。尾側のみの遮蔽では4cmで45.5%，5cmで53.6%，6cmで61.6%，10cmで72.9%の減少となった。

4. 考 察

4-1 CT室の散乱線分布

撮影条件130kV, 150mA, スライス厚10mmによるスキャン位置10cmでのCT撮影による術者位置の散乱線量率は $8.4 \sim 11.6 \mu\text{Gy/sec}$ であった。同様にスキャン位置25cmでは $4.6 \sim 7.4 \mu\text{Gy/sec}$ であった(Fig. 6)。血管造影の透視の場合、透視条件80kV, 1.2mA, I.I.サイ

Fig. 10 Effect of the lead drape on the scattered dose rate.
The distances from the scanning plane to phantom edge were 10 cm (a) and 25 cm (b).

Fig. 11 The reduction in the phantom surface dose with the lead drape.
Measurements were obtained at distance of 4-22 cm from the scanning plane with a CT fluoroscopic technique of 130 kV, 30 mA and 10-mm section thickness.

ズ：14インチで術者位置をX線中心から30cmとすると散乱線量率は腹部(床上75cm)：122.2～136.5 μ Gy/min (2.04～2.28 μ Gy/sec)，頸部(床上115cm)：72.6～73.1 μ Gy/min (1.21～1.22 μ Gy/sec)であった^{10,11)}。同様に、西澤ら¹²⁾の測定では透視条件80kV, 0.2mAにおいて床上116cmで15.4 μ Sv/min (0.26 μ Sv/sec)である。したがって、CT検査時の散乱線量は血管造影の透視の場合より約4～10倍も多いことが示唆された。

また、Fig. 5に示すようにCT室の散乱線分布は頭側および、尾側で同様な広がりを示し、距離の逆2乗で減少するが、被写体近傍の尾側18°方向では被写体の

自己吸収を受けるため低くなり、散乱線分布に大きな違いがみられた。Fig. 6よりスキャン位置10cmの場合、散乱線量率は105cmの高さで強く、65cm, 135cmで弱くなった。逆に、スキャン位置25cmの場合には105cmの高さで弱く、65cm, 135cmで強くなった。CT検査による散乱線量はスキャン位置によって大きく変化し、頭部など先端部に近い部位に対する検査で多く、胸部や腹部など体幹部に対する検査で少なくなることが分かる。

4-2 ファントムの底面と表面の散乱線分布

Fig. 7で示すファントム底面の散乱線分布はファントムの内部散乱のプロファイルを示すものである。CT検査ではスキャン面から20cmを超えところまで内部散乱による散乱線が分布していることを示唆している。そのため、CT透視などで術者の手指がX線ビームから離れてもグラフで示す散乱線量を受ける。

4-3 CT検査に対する防護

腫瘍の支配血管に対する超選択的なCT-Aを行う場合、術者は造影剤がback flowしないように手動注入により調整しながら注入しなければならない。そのため、術者は高線量域であるCTガントリ近傍から離れることができない。Fig. 3に示すようにlead curtainをスキャン面から5cmに設置し、CTガントリ開口部を遮蔽したところ術者位置での散乱線量率は平均36.8%低減し3.2～4.7 μ Gy/secとなった。設置場所25cmでは平均63.3%低減し1.9～2.5 μ Gy/secとなった(Fig. 8)。

これは4-2で述べたようにファントム内部で発生した散乱線がlead curtainにより遮蔽されたことを示す。したがって、lead curtainをスキャン面から25cm程度離れた位置に設置することが散乱線の低減に有効であることが示唆された。

しかし、今回使用した防護シートは不透明であるため、臨床では患者観察には不便であると考えられるが、透明な材質で作成することにより解決できる問題である。

4-4 CT透視に対する防護

CT透視下での経皮的針生検などにおいて、術者の手指などがX線ビーム内に入ることによる多量被曝の危険性が数多く報告されており、手指がX線ビーム内に入らないように穿刺針を固定保持するためのさまざまな防護用具が考案され市販されている^{3, 13-15)}。しかし、術者の受ける被曝はX線ビーム内のX線だけではなく、Fig. 7に示すファントム内部から放出される散乱線からも被曝する。特に、X線ビーム近傍での散乱線の線量率は非常に高い。そのため、防護用具だけでは術者の手指や水晶体や甲状腺などの受ける被曝線量を低減することは困難である。

術者位置での散乱線量率はlead drape 未使用時にはスキャン位置25cmで $0.72 \sim 1.25 \mu\text{Gy/sec}$ であり、磯村ら¹⁴⁾が測定した $0.5 \sim 1.5 \mu\text{Sv/sec}$ と同等であった。この線量率は血管造影の透視の場合と比べて同等以上である¹⁰⁻¹²⁾。しかし、lead drape を使用することで線量率は $0.37 \sim 0.5 \mu\text{Gy/sec}$ と平均58.3%減少した。

管電圧130kV、管電流30mAのCT透視におけるX線ビームから5cm尾側の表面線量率は $118 \mu\text{Gy/sec}$ と高線量率を示した。lead drapeでスキャン面以外を遮蔽することで $46.6 \mu\text{Gy/sec}$ と60.5%低減できた。しかし、頭側のlead drapeを外すと散乱線は17.2%増加し $54.7 \mu\text{Gy/sec}$ となったが、lead drape未使用時の46.4%であった(Fig. 11)。この結果はlead drapeの鉛当量の違いを考慮すれば、Nawfelら⁷⁾が測定した0.5mmPbのlead drapeで71%低減とほぼ同等である。CT透視でのlead drapeの使用は術者の手指等が受ける被曝線量やCT室の散乱線量の低減に有効であることが示唆された。

4-5 IVR-CTのための放射線防護用具の開発

従来、放射線環境下では術者をはじめとする医療スタッフの防護には放射線防護衣を着用する方法がとられてきた。近年放射線防護衣は軽量化を図った多元素複合防護前掛(以下、多元素前掛)が主流となっているが、熊谷ら⁹⁾の報告によると鉛材の防護前掛は管電圧が変化しても鉛当量は変化しないが、多元素前掛では管電圧が100kVを超えると鉛当量が急激に低下する。

また、鉛当量が同じであってもX線エネルギーが高くなれば防護衣を透過するX線量は増加する。CT装置のX線実効エネルギーは血管造影装置のX線実効エネルギーよりも10keV以上も高いので放射線防護を考えるとき、通常着用している0.25mmPb当量の放射線防護衣では不十分となり、鉛当量を増加させることが求められる。しかし、鉛当量を増加すれば放射線防護衣の重量を増加させることになり、術者に負担を強いるだけであるため適切な方法とはいえない。さらに、X線ビーム近傍での散乱線の線量率は非常に高い。CT透視の場合、この高線量域に位置する手や水晶体や甲状腺などの部位についても防護を考えなければならない。

そのため、装置側もしくは患者側で散乱線を遮蔽することが必要となる。今回、鉛当量0.125mmPbの防護シートを用いてCT検査およびCT透視に対する防護手段を検討した。使用した防護シートは鉛材であるため、管電圧による鉛当量の変化はなく、散乱線に対する低減効果は十分に満足のいくものであった。さらに、防護シートの鉛当量を増加すればさらなる防護効果が得られるので術者に負担を与えずに被曝低減が可能となる。

CT検査は広範囲をスキャン対象とし、術者は身体をCTガントリ内に入れることはない。一方、CT透視は狭い範囲を対象とし、術者はCTガントリ内のX線ビーム近傍で手技を行う。そのため、試作した2種類の防護シートは併用することが困難である。したがって、IVRの手技に合致した放射線防護用具の開発が必要である。CT装置各メーカーに対してIVR-CTに対する放射線防護用具の開発を要望する。

5. 結 語

CT装置を用いたIVRの有用性が報告されるなか、IVR-CTによる術者の被曝線量の増大が懸念されている。そこで、IVR-CTに対する2種類の放射線防護用具を試作しファントムを用いて検討した。

その結果、CTガントリ開口部をlead curtainで遮蔽することによりCTガントリ内から発生する散乱線を十分に低減できた。CT透視において被写体表面のスキャン面以外の部分をlead drapeで遮蔽することで術者位置の散乱線だけでなく手指が位置するファントム表面の線量を十分に低減できた。したがって、IVR-CTにおいて装置や患者側で放射線防護用具を使用することによって十分に術者の被曝を低減できることが示唆された。

CT装置各メーカーに対して、IVR-CTに対する放射線防護面からのCT装置の改良と放射線防護用具の開発を要望する。

参考文献

- 1) 加藤良一, 片田和廣, 安野泰史, 他: 高速CTを用いたCT透視法の臨床応用—腹部領域を中心に—. 映像情報(M), 28(10), 602-608, (1996).
- 2) 小林 健, 高仲 強, 松井 修, 他: CT透視を用いた経皮的椎体形成術の有用性. IVR, 14(3), 343-348, (1999).
- 3) 小林 健, 阿保 斉, 川島博子, 他: CT下肺生検における手技改良の効果—CT透視, I-Iデバイス, 離脱式半自動生検針の有用性—. 臨床放射線, 46(1), 122-127, (2001).
- 4) 才田壽一, 吉岡孝之, 奥西孝弘, 他: 新しい血管撮影用放射線防護具の開発. 日放技学誌, 53(1), 1-7, (1997).
- 5) 栗井一夫, 青木雄二, 伊藤敏夫, 他: 最近のX線診断領域における従事者の被曝の問題点と防護衣の在り方検討班報告. 日放技学誌, 54(5), 687-696, (1998).
- 6) 栗井一夫, 磯見正美, 小山修司, 他: 血管撮影領域における放射線被曝と防護. 放射線医療技術学叢書(17), pp. 41-112, 日本放射線技術学会, 京都, (1999).
- 7) Nawfel RD, Judy PF, Silverman SG, et al.: Patient and personnel exposure during CT fluoroscopy-guided interventional procedures. Radiology, 216(1), 180-184, (2000).
- 8) Seltzer SM, Hubbell JH: 前越 久編: 光子減弱係数データブック. 放射線医療技術学叢書(11), 日本放射線技術学会, 京都, (1995).
- 9) 熊谷道朝, 新谷光夫, 倉西 誠: X線防護前掛のX線遮へい性能の測定評価. 日放技学誌, 55(4), 379-384, (1999).
- 10) 飯田泰治, 上田伸一, 清水 満, 他: 血管造影検査における透視環境の違いによる術者の被曝線量. 日放技学誌, 56(4), 610-618, (2000).
- 11) 飯田泰治, 茶島光浩, 清水 満, 他: 血管撮影領域における術者に対する放射線防護. 日放技学誌, 57(12), 1548-1555, (2001).
- 12) 西澤かな枝, 丸山隆司, 高山 誠, 他: 血管造影検査時の術者グループの被曝線量. 日本医放会誌, 54, 661-669, (1994).
- 13) 鈴木昇一, 井田義宏, 安野泰史, 他: CT検査における被曝線量の研究—CT透視と術者の被曝—. 医器学, 67, 529-534, (1997).
- 14) 磯村高之, 遠藤登喜子, 広瀬善章, 他: CT透視法における施術者の被曝線量率の測定: ディスポーザブル鉗子を用いた被曝軽減の試み. IVR, 14(4), 443-448, (1999).
- 15) Kato R, Katada K, Anno H, et al.: Radiation dosimetry at CT fluoroscopy: Physician's hand dose and development of needle holder. Radiology, 201, 576-578, (1996).

図表の説明

- Fig. 1 CT検査室の散乱線分布の測定位置.
(a)平面図, (b)立面図.
- Fig. 2 腹部ファントムの底面および表面における散乱線強度の測定.
(a)ファントム底面の中央と辺縁における散乱線強度の測定.
(b)ファントム表面における散乱線強度の測定.
- Fig. 3 lead curtain使用時の散乱線強度の測定.
(a)CT装置へlead curtainを取り付けた時の写真.
(b)lead curtain使用時におけるCT室の散乱線分布の測定.
(c)lead curtain使用時におけるファントムの表面線量の測定.
- Fig. 4 lead drape使用時の散乱線強度の測定.
(a)lead drape使用時におけるCT室の散乱線分布の測定.
(b)lead drape使用時におけるファントムの表面線量の測定.
- Fig. 5 CT検査室の散乱線分布.
(a)高さ65cmの水平分布.
(b)高さ105cmの水平分布.
(c)高さ135cmの水平分布.
(d)頭側 0°方向における散乱線強度.
(e)頭側36°方向における散乱線強度.
- Fig. 6 ファントム辺縁—スキャン面距離の違いによる散乱線強度の変化.
測定点と床との距離(a)65cm, (b)105cm, (c)135cm.
- Fig. 7 腹部ファントムの底面および表面における散乱線強度分布.
- Fig. 8 lead curtainによるCT室の散乱線分布の変化.
測定点と床との距離(a)65cm, (b)105cm, (c)135cm.
- Fig. 9 lead curtainによる表面線量の変化.
- Fig. 10 lead drapeによる散乱線強度の減少率.
(a)ファントム辺縁—スキャン面距離10cm.
(b)ファントム辺縁—スキャン面距離25cm.
- Fig. 11 lead drapeによる表面線量の変化.