オーバーテーブル式 X 線管形 TV 装置を用いた ERCP 検査における放射線防護具使用時の術者被ばく低減効果

廣澤文香^{1,2} 松原孝祐³ 竹井泰孝⁴ 小林育夫^{5,6}

論文受付
2018 年 7 月 31 日

論文受理
2019 年 11 月 10 日

Code Nos. 621
622
873

¹ 富山県立中央病院画像技術科

² 金沢大学医薬保健学総合研究科保健学専攻

³ 金沢大学医薬保健研究域保健学系量子医療技術学講座

⁴ 川崎医療福祉大学医療技術学部診療放射線技術学科

⁵ 福井大学附属国際原子力工学研究所

⁶ 長瀬ランダウア株式会社

緒言

高齢化社会に伴う総胆管結石や膵胆道がんの増加と相まって、内視鏡的乳頭切開術 (endoscopic sphincterotomy: EST) をはじめ、治療目的の内視鏡的逆行性胆膵管造影 (endoscopic retrograde cholangiopancreatog-

raphy: ERCP) はますますその必要性を増している¹⁾。1983 年から 2012 年まで日本消化器内視鏡学会が行った調査によると、一施設あたりの年間平均検査件数は著しく増加している^{2,3)}。ERCP 施行時の平均入射皮膚線量は 55–347 mGy となり、診断目的の ERCP に比

Reduction of Radiation Exposure to Operator with Radiation Protective Device in ERCP Procedure Using Over-coach X-ray TV System

Ayaka Hirose^{1,2*}, Kosuke Matsubara³, Yasutaka Takei⁴, and Ikuo Kobayashi^{5,6}

¹ Department of Medical Technology, Toyama Prefectural Central Hospital

² Division of Health Sciences, Graduate School of Medical Sciences, Kanazawa University

³ Department of Quantum Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Institute of Medical, Pharmaceutical and Health Sciences, Kanazawa University

⁴ Department of Medical Radiological Technology, Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

⁵ Research Institute of Nuclear Engineering, University of Fukui

⁶ Nagase Landauer, Ltd.

Received July 31, 2018; Revision accepted November 10, 2019

Code Nos. 621, 622, 873

Summary

It is important to reduce the dose received by medical staffs. The purpose of this study was to evaluate the effect of protective curtain and the property of small optically stimulated luminescence (OSL) dosimeters used for ambient dose measurement in fluoroscopy. The property of small OSL dosimeters was investigated in terms of uniformity, changing fluoroscopy time and polymethyl methacrylate (PMMA) thickness, and angular dependence. Paper pipes were assembled in glid shape and ambient dose was investigated by using small OSL dosimeters that were put on them with and without protective curtain. Air kerma was investigated by small OSL dosimeters that were put on a head phantom at the position of eyes. Dose response of small OSL dosimeters was independent of fluoroscopy time and PMMA thickness, so it is appropriate to measure ambient dose by small OSL dosimeters. In relation to ambient dose, there was significant difference with and without protective curtain ($p < 0.001$, paired-t-test). These air kerma on the head phantom were reduced to approximately 20% by attaching protective curtain. In order to reduce the dose received by operators, it is desirable to use protective curtain.

Key words: radiation protective device, operator dose, cataract, fluoroscopy

*Corresponding author

べて治療目的の ERCP の平均入射皮膚線量は約 3 倍になるとの報告もある⁴⁾。また、関連手技が多岐にわたり複雑化していることから、手技時間や透視時間も長くなる傾向にある⁵⁾。ERCP 施行時の放射線被ばくは患者のみではなく、術者やスタッフへのリスクに寄与するため、術者やスタッフの被ばく管理および被ばく低減は重要である⁶⁾。

放射線感受性の高い臓器・組織の一つに水晶体があり、X 線を利用する処置に関与するスタッフの間での放射線誘発性白内障の発生が報告されている⁷⁾。国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) は、これまで放射線作業員への水晶体等価線量限度を 1 年あたり 150 mSv としてきたが、Publication 103 にて水晶体のしきい線量が従来考えられていた値よりも低い可能性を示唆し、2011 年のソウル声明で白内障のしきい線量の引き下げを勧告し、その科学的根拠を Publication 118 とし刊行した⁷⁻⁹⁾。日本では、ICRP や国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA) などで国際的に合意された放射線防護体系の考え方を尊重し、関係法令の所要の改正が見込まれるとの観点から、厚生労働省は電離放射線業務における眼の水晶体の被ばくに係る放射線障害防止対策についての通知を行った¹⁰⁾。局所的に眼の水晶体への被ばくが高くなるおそれのある作業については、放射線防護用のメガネ等の保護具、医療向けの可動式の防護アクリルガラス等を使用することにより、適切な被ばく防護策の検討を行うように記載されている。

ERCP 時の医療従事者における被ばく軽減のために衝立式の防護シールドを用いた検討のデータでは十分な遮蔽能力による高い放射線被ばく低減の効果が認められている^{11, 12)}。しかし、衝立式の防護シールドは遮蔽方向が 1 方向のみであり、遮蔽されたフィールドの外にいる場合、防護シールドの効果は得られない⁵⁾。そのほかの場の線量を低減させるための防護具には放射線防護カーテンがある。防護カーテンの効果の検討はこれまでも行われており、空間線量低減効果が認められている^{6, 13)}。しかし、3 mm 線量当量の評価までは行われておらず、水晶体の線量評価は 3 mm 線量当量を用いて、水晶体近傍位置で測定することが推奨されているため^{8, 14)}、十分な評価とはいえない。本研究では、透視装置に防護カーテンをつけた場合とつけない場合の空間線量分布および術者を想定した 3 mm の深さの線量を直接測定できる頭部ファントムを使用して頭部ファントムによる防護メガネの内外、水晶体の位置 (ファントムの表面から 3 mm 内部) での線量を

測定することで、防護カーテンの効果を検討した。

また、電離箱線量計を用いた空間線量の測定は、一度に一点しか測定することができず手順が非常に煩雑であり、測定する際に測定者が被ばくしてしまう場合もある。そこで、X 線透視装置の周囲に紙製のパイプを格子状に配置し、小型光刺激ルミネセンス (optically stimulated luminescence: OSL) 線量計である nanoDot[®] (長瀬ランダウア社) を貼り付けることで、測定者が被ばくすることなく、より簡便に測定を行うことを試みた。以前、富田らによって小型 OSL 線量計を用いた MDCT 装置の CT 室内散乱線分布の測定が行われており、有用な方法であると述べられている¹⁵⁾。小型 OSL 線量計を用いて測定を行う際、空間線量を正確に評価するためには線量計自身の基礎特性を確認しておくことが必要である¹⁶⁾。小型 OSL 線量計の基礎特性に関する検討はこれまでも行われてきているが、これらは直接線による検討であり散乱線を対象としたものはない。そこであらかじめ、小型 OSL 線量計の応答特性に関する基礎実験を行い、電離箱線量計と同様な使用が可能か検討を行った。

1. 方 法

1-1 小型 OSL 線量計について

小型 OSL 線量計は直径 4 mm、厚さ 0.3 mm の薄い酸化アルミニウム ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$) のディスクが 10×10×2 mm の大きさプラスチックに封入された平らな線量計である¹⁶⁾。

X 線照射後、読み取り装置 (microStarII[®]: 長瀬ランダウア社) にて 5 回ずつ読み取りを行い、式 (1) にて空気カーマ (以下、線量) を求めた。小型 OSL 線量計の応答特性の検討を行った際は照射前の読み取り値をバックグラウンドの値とし、空間線量の測定を行った際は照射を行っていない素子の読み値をバックグラウンドの値とした。

$$\text{線量(mGy)} = \frac{\text{OSL線量計の測定値(counts)}}{\text{読み取り装置の校正定数(counts/mGy)} \times \text{OSL線量計の感度}} \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

あらかじめ、空間線量の測定に使用した nanoDot は、米国国立標準技術研究所で校正された電離箱と同時に 80 kVp の X 線にて空中で照射し校正を行った。

1-2 小型 OSL 線量計の応答特性

空間線量測定を行うにあたり、小型 OSL 線量計の適用の可能性を評価するために応答特性に関する検討を行った。検討項目は均一性、透視時間を変化させた

Fig. 1 Photograph (a) and arrangement (b) for measuring the property of nanoDot.

際の応答特性, 被写体厚を変化させた際の応答特性, 方向特性とした. X線透視装置はAXIOM Luminos dRF (SIEMENS 社), 測定器は漏洩線/低レベル線量測定用の電離箱(10X6-180, S/N 08-0703: Radcal 社, 容量 180 cm^3)とX線アナライザ(Accu-Gold+: Radacal 社)を組み合わせ使用した. なお, 測定に使用したX線アナライザと電離箱電量計は金沢大学医薬保健学域保健学類放射線技術科学専攻に設置されている公益社団法人日本放射線技術学会計測部会の北陸地区診断領域線量計標準センターにて, 2018年4月に基準線量計との相互比較試験が行われている.

機器および装置の幾何学的配置を Fig. 1 に示す. 均一性の検討を行う際は線量計の貼り付ける位置による影響を考慮し小型 OSL 線量を 5 個配置し, それ以外の検討項目では小型 OSL 線量計は横方向に 3 個並べて配置した. 照射野サイズは $20 \times 20 \text{ cm}$, 寝台の高さは 90 cm , ファントム中心から線量計までの距離は 60 cm , 線量計の高さは 150 cm とした.

1-2-1 均一性

Figure 1 のように散乱体として寝台上に 20 cm 厚の亚克力板を配置し, 管電圧 73 kV , 管電流 42.1 mA , 透視時間 300 s , 透視レート 15 p/s にて 0.2 mmCu の付加フィルタが挿入された状態で照射した. 散乱線を受けた五つの素子についてそれぞれ 5 回読み取りを行った.

1-2-2 透視時間を変化させた際の応答特性

同様に, 管電圧 73 kV , 管電流 42.1 mA , 透視レート 15 p/s にて 0.2 mmCu の付加フィルタが挿入された状態で照射した. 透視時間は 60 s , 180 s , 300 s ,

420 s , 600 s とした. 1 条件につき 5 回照射を行い, 小型 OSL 線量計 3 個の平均値を求めた.

1-2-3 アクリル厚を変化させた際の応答特性

透視時間を 300 s にし, アクリル厚を 20 cm , 30 cm と変化した. 測定条件はアクリル厚 20 cm のときは管電圧 73 kV (半価層 2.4 mmAl), 管電流 42.1 mA , アクリル厚 30 cm のときは管電圧 98 kV (半価層 3.2 mmAl), 管電流 48.7 mA であった. また, 付加フィルタは照射条件により自動で脱着されるため, アクリル厚 20 cm のときは 0.2 mmCu の付加フィルタが挿入された状態, アクリル厚 30 cm のときは付加フィルタが挿入されていない状態で測定した. 1 条件につき 5 回照射を行い, 小型 OSL 線量計 3 個の平均値を求めた.

1-2-4 方向特性

空間線量測定の際は小型 OSL 線量計を線源方向に向けて貼り付けることを想定していたため, 小型 OSL 線量計の上下方向のみを検討対象とした. 20 cm 厚の亚克力板を配置し, 管電圧 73 kV , 管電流 42.1 mA , 透視時間 300 s , 透視レート 15 p/s にて 0.2 mmCu の付加フィルタが挿入された状態で測定を行った. 散乱線の向きを考慮し, アクリル板に向けた方向を 0° として -60° から 60° まで 30° ずつ方向を変化させた. 1 条件につき 5 回照射を行い, 小型 OSL 線量計 3 個の平均値を求めた. 角度ごとの平均線量を 0° の平均線量を用いて正規化した.

1-3 空間線量の測定

X線透視装置 (FLEXAVISION ZSU-5D: 島津製作

Fig. 2 Photograph for measuring the ambient dose (a) and the air kerma along height direction (b).

a | b

所社)の撮影台の上に Alderson ファントム (RAN-1 : Alderson 社)を仰臥位で配置し、その周囲に、市販されている直径 3 cm の紙パイプを格子状に組み立てた。より実際の検査に近い状態での空間線量を測定することを目的として人体ファントムである Alderson ファントムを使用した。紙パイプはプラスチックのジョイントを用いて結合することにより、パイプ間の距離を 50 cm とした。

水平方向の線量分布は、100 cm および 150 cm の高さにおけるジョイント部 68 カ所に小型 OSL 線量計を線源方向に向けて貼付した (Fig. 2a)。また、垂直方向の線量分布は 100–190 cm まで 10 cm おきに小型 OSL 線量計を貼付した (Fig. 2b)。測定は管電圧 91 kV、管電流 2.2 mA、視野サイズ 9 inch、連続透視モードにて 10 分間行った。次に防護カーテン (散乱線防護クロス NP, 0.25 mmPb : 保科製作所社) を X 線絞り装置の周囲に取り付け、同様の条件で測定した (Fig. 3)。

1-4 頭部ファントムによる線量測定

透視時の医師の立ち位置 (X 線管の短軸方向に 80 cm、長軸方向に 90 cm 離れた位置) に表面から 3 mm および 1 cm の深さに小型 OSL 線量計を挿入するための穴をあけた頭部ファントムの左側を線源方向に向け、寝台に対してファントムの正面が 45° となるように配置した (Fig. 4)。

小型 OSL 線量計を左右の側頭部、防護メガネ (パノラマシールド, HF-400S, 0.07 mmPb : 東レ・メディカル社) の内・外、眼の位置の表面、表面から 3 mm および 1 cm の深さの位置に小型 OSL 線量計を配置した

Fig. 3 Photograph for measuring the ambient dose with protective curtain.

(Fig. 5)。空間線量の測定時と同様の条件で 10 分間の透視を行い、線量を取得した。防護カーテンなしで測定した後、防護カーテンありの場合においても同様の測定を行い、線量を取得した。なお、測定は素子を換えて 5 回行った。

Fig. 4 Arrangement for the position of operator in ERCP procedure.

Fig. 5 Photograph of head phantom in the middle of assembly (a) and head phantom with protective glass (b).

a | b

2. 結果

2-1 小型 OSL 線量計の応答特性

2-1-1 均一性

小型 OSL 線量計により得られた線量は $102.5 \pm 4.10 \mu\text{Gy}$ であった。変動係数は 0.040 となった。また、5 回の読み取りによる線量減少は認められなかった。

2-1-2 透視時間を変化させた際の応答特性

Figure 6 に透視時間を変化させた際の測定結果を示す。透視時間と小型 OSL 線量計によって得られた

線量の相関係数は $0.998 (p=8.85 \times 10^{-5})$ 、無相関検定) となり、強い正の相関がみられた。

2-1-3 アクリル厚の変化による比較

Table にアクリルの厚さを変化させた際の測定結果を示す。電離箱線量計に対する小型 OSL 線量計の相対感度はアクリル厚が 20 cm のときは 0.896、30 cm のときは 0.873 となった。アクリル厚の変化による相対感度の差は 0.023 であった。

Fig. 6 Response of small OSL dosimeter for changing fluoroscopy time.

Fig. 7 Angular dependence of small OSL dosimeter.

Table Ratio of the air kerma by ion chamber to small OSL dosimeter while changing PMMA thickness

PMMA (cm)	Air kerma (μGy)		nanoDot/10X6-180
	nanoDot	10X6-180	
20	96.73±17.29	107.96±9.27	0.896
30	612.31±32.02	701.25±39.42	0.873

Fig. 8 Air kerma profiles along height direction.

2-1-4 方向特性

Figure 7 に散乱線による小型 OSL 線量計の方向特性を示す。±60° 方向に向かうにつれて感度が低下する傾向となり、±60° では 8% の感度低下が認められた。

2-2 空間線量の測定

Figure 8 に高さ方向の線量分布を示す。防護カーテンなしの場合、線量は 100 cm から 130 cm において 0.866–0.912 mGy と高くなり、130 cm をピークに減少した。防護カーテンをつけた場合においても線量は

Fig. 9 Dose distribution at 1.5 m without protective curtain (a) and with protective curtain (b).

Fig. 10 Dose distribution at 1.0 m without protective curtain (a) and with protective curtain (b).

100 cm から 140 cm において高くなった。防護カーテンをつけた場合の線量は 0.06-0.041 mGy となり、いずれの高さでも防護カーテンをつけない場合よりも小さくなった。防護カーテンをつけることで線量が 95% 以上低減できた。

100 cm および 150 cm の高さにおける空間線量分布をそれぞれ Fig. 9, 10 に示す。100 cm の高さ、150 cm の高さともに X 線管周囲で線量が高くなり、X 線管からの距離が離れるに従い線量は低くなった。空間線量分布の形状は 100 cm の高さの場合と 150 cm の

高さの場合では一致せず、100 cm の高さにおいて線量が高い点が存在した。また、X 線可動絞りの周囲に防護カーテンをつけた場合、X 線管の長軸から 45° 方向の一部の点を除いて線量は 70% 以上低下した。防護カーテンをつけることにより空間線量分布には有意な差が認められた ($p < 0.001$, 対応のある片側 t 検定)。

2-3 頭部ファントムによる線量測定

Figure 11 に頭部ファントムによる線量の測定結果を示す。左右の線量を比較するとすべての測定点で左

Fig. 11 Air kerma on head phantom with and without protective curtain for temporal, outside of glasses and inside of glasses (a), eye surface, 10 mm and 3 mm depth (b).

の方が右よりも線量が高くなった。防護メガネの内側と外側の線量を比較すると、ファントムの右側で、防護メガネの外側よりも防護メガネの内側における線量が高くなった。ファントムの左側の表面の線量、表面から3 mmの深さの線量、10 mmの深さの線量を比較すると、ファントムの表面から深くなるほど線量が高くなった。防護メガネをつけた場合とつけない場合の線量を比較すると、防護カーテンをつけることによりファントムの左側の測定箇所では80%程度の線量低減効果が認められた。

3. 考 察

小型 OSL 線量計の応答特性に関して、均一性の検討では変動係数 0.040 となった。Al-Senan らはモニタ線量計による出力変動 2.3% を含んだ小型 OSL 線量計 47 個の均一性を求め、変動係数は 4.8% になったと報告している¹⁷⁾。本研究ではモニタ線量計は使用してお

らず出力変動を加味していないため、変動係数が小さくなったと考えられる。実験に使用した小型 OSL 線量計は standard type で素子製造時のばらつきが最大 $\pm 5\%$ のものである。変動係数がこの範囲内におさまっているため、素子によるばらつきは線量評価に影響はないと考えられる。透視時間を長くすると小型 OSL 線量計によって得られる線量は比例して増加し、透視時間と小型 OSL 線量計によって得られた線量との間には強い正の相関がみられた。アクリル厚を変化させた際の電離箱線量計に対する小型 OSL 線量計の相対感度の差は 0.023 とわずかであった。これは小型 OSL 線量計がエネルギーの変化によるレスポンスの変動が小さいためであると考えられる¹⁸⁾。方向を変化させた際の小型 OSL 線量計の感度は -60° から 60° の範囲では 8% の変化が認められた。これは直接線を使用して測定を行った方向特性での線量計の水平方向に近づくにつれ感度が低下するという報告に一致してい

る¹⁹⁾。空間線量測定の際に線量計に入射される散乱線の角度を考慮すると、150 cm の高さに小型 OSL 線量計を貼り付けた場合は 5% 程度、200 cm の高さに小型 OSL 線量計を貼り付けた場合は 8% 程度の方向特性による感度低下の影響を受ける可能性がある。Al-Senan らは 13 回の測定と読み取りを行い、再現性は 3.3% であったと報告している¹⁷⁾。以上の応答特性の結果および Al-Senan らの再現性の結果より、本研究のエネルギー帯域では小型 OSL 線量計は最大 9.5% 程度の誤差をもって空間線量を測定できるといえる。

高さ方向の線量分布に関して、防護カーテンなしの場合、線量は 100–130 cm にて高くなり、130 cm をピークに減少した。これは高さが低いと散乱線が寝台やファントムにより吸収されることが原因であると考えられる¹³⁾。また、高さが高くなると距離による減弱の影響が大きくなり、線量が低下したのと考えられる。防護カーテンをつけた場合の線量はいずれの高さでも小さくなった。これより、防護カーテンをつけることで高さによらず線量を低減することが可能であるといえる。

100 cm および 150 cm の高さにおける散乱線強度分布に関して、形状は一致せず、100 cm の高さにおいて線量が高い点が存在した。150 cm の高さではファントムから発生する散乱線の影響で、全体的に均等な分布となったと考えられる。一方、100 cm の高さでは寝台やファントム自体による吸収により X 線管から離れた点での線量が 150 cm の高さでの線量と比較して低くなったと考えられる。また、100 cm の高さにおいて一部の測定点で線量が高くなった理由として、透視装置の配置上、X 線管周囲 2 点での測定ができなかったことにより、分布の作成の都合上、一部のみ線量が高くなったように見えているものと考えられる。X 線管の周囲に防護カーテンをつけた場合、X 線管の長軸から 45° 方向の一部の点を除いて線量は 100 cm の高さでは 70% 以上、150 cm の高さでは 85% 以上低下した。これは吉田らの X 線管プロテクタをつけることにより、寝台付近のスタッフ位置の水晶体の高さでは 85–90% 空間線量が低下したという報告に一致している¹³⁾。本研究では患者を想定したファントムの配置は仰臥位にて行ったが、体位が斜位の場合には患者の背側空間の線量率が高くなるという報告がある²⁰⁾。つまり、術者の立ち位置と反対側の線量率が上がることが想定される。実験によって防護カーテンの高い線量低減効果を確認できたことより、防護カーテンを使用することで、術者への影響は増加しないと考えられる。ただし、患者の体位によって防護カーテン

の隙間ができる可能性があるため、その点には注意が必要であると考えられる。また、X 線管の長軸から 45° 方向の一部の点での線量低減率が小さかった原因としては、防護カーテンのつなぎ目から散乱線が漏れていた可能性が考えられる¹³⁾。よって、防護カーテンをつける際はつなぎ目に注意をはらい、隙間がないようにする必要がある。防護カーテンをつけることによって、各測定点における線量に有意な差が認められたことで、防護カーテンは空間線量の低減に有用であるといえる。

頭部ファントムによる線量測定の結果、左側の線量が高くなったのは、透視時の医師を想定して配置したため、左側のほうが X 線管に近かったことが影響している。ファントムの右側にて防護メガネの内側で外側よりも線量が高くなった理由に関しても、X 線管と線量計の位置関係が影響しており、内側に配置した線量計が外側に配置した線量計よりも X 線管に近く、防護メガネのレンズを経て外側の線量計があったためと考えられる。ファントムの表面の線量、表面から 3 mm の深さの線量、10 mm の深さの線量を比較すると、ファントムの表面から深い位置の線量のほうが高くなる傾向にあったため、水晶体の線量を表面で評価しようとした場合には過小評価となる可能性がある。今回使用した頭部ファントムを使用することにより簡単に ICRU が定義したスラブファントムで測定した 3 mm 深の線量を測定することができ、非常に有用であるといえる。防護カーテンをつけることによりすべての測定箇所での線量は低減し、ファントムの左側で 80% 程度の線量低減効果が認められた。また、防護カーテンをつけた場合とつけない場合の防護メガネの外側および内側の線量を比較すると、防護メガネよりも防護カーテンのほうが線量低減効果が高く、防護カーテンをつけることで場の線量を下げることでき従事者の線量低減に有用であると考えられる。

本研究の限界として、空間線量を算出する際、方向依存性の補正を行っていない点が挙げられる。素子の貼り付け位置ごとに角度を算出し補正を行うことでより正確な測定を行うことができる可能性がある。また、小型 OSL 線量計の再現性は 3.3% という報告があるが¹⁷⁾、本研究では評価を行っていない。高さ方向での検討において、防護カーテンがない時の 150 cm の値が低くなっているが、複数回の測定を行うことで、測定値の変動が軽減される可能性がある。現在、水晶体の線量評価は 1 cm 線量当量または 70 μ m 線量当量のうち大きい方となっている。本研究では 70 μ m 線量当量の測定は行っていないが、3 mm 線量当量と比

較することで、1 cm 線量当量および 70 μ m 線量当量にて 3 mm 線量当量をどの程度の差をもって評価できているかを把握することが可能になる。

4. 結 語

本研究では、透視装置に防護カーテンをつけた場合とつけない場合の空間線量分布および術者を想定した頭部ファントムによる防護メガネの内外、水晶体の位置(ファントムの表面から 3 mm の深さ)での線量を測定することで、防護カーテンの効果を検討した。また、空間線量を測定する場合の小型 OSL 線量計の均一性、線量率特性、エネルギー特性、方向特性は良好であり、これらに起因する誤差は最大 9.5% 程度と見積もられた。

防護カーテンをつけることにより、高さや位置によ

らず空間線量を 70% 以上低減させることができた。また、防護メガネよりも防護カーテンの方が散乱線低減効果が高くなった。

謝 辞

本研究は、平成 26・27 年度日本放射線技術学会学術研究班報告「非血管系 IVR における医療従事者の水晶体被ばく線量評価に関する多施設共同研究」(班長・松原孝祐)の支援を受けて実施した。

利益相反

共著者の小林育夫は長瀬ランダウア株式会社に所属している。それ以外の著者に開示すべき利益相反はない。

参考文献

- 1) 糸井隆夫, 祖父尼淳, 糸川文英. ERCP 関連手技の指導と教育. 胆道 2006; 20(5): 587-596.
- 2) 芳野純治, 五十嵐良典, 大原弘隆, 他. 消化器内視鏡関連の偶発症に関する第 5 回全国調査報告: 2003 年より 2007 年までの 5 年間. Gastroenterol Endosc 2010; 52(1): 95-103.
- 3) 古田隆久, 加藤元嗣, 伊藤 透, 他. 消化器内視鏡関連の偶発症に関する第 6 回全国調査報告 2008 年~2012 年までの 5 年間. Gastroenterol Endosc 2016; 58(9): 1466-1491.
- 4) Dumonceau JM, Garcia-Fernandez FJ, Verdun FR, et al. Radiation protection in digestive endoscopy: European Society of Digestive Endoscopy (ESGE) guideline. Endoscopy 2012; 44(4): 408-421.
- 5) 栗原俊夫, 糸井隆夫. 胆道系 IVR・IVE における患者・医療従事者の放射線被曝の低減について—Pulse 透視と ERCP 時の防護シールドの有用性—. 胆道 2014; 28(2): 193-199.
- 6) Alzimami K, Sulieman A, Paroutoglou G, et al. Optimisation of Radiation Exposure to Gastroenterologists and Patients during Therapeutic ERCP. Gastroenterol Res Pract 2013; 2013: 587574.
- 7) International Commission of Radiological Protection. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP publication 85. Ann ICRP 2000; 30(2): 7-67.
- 8) International Commission of Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 2007; 37(2-4): 1-332.
- 9) International Commission of Radiological Protection. ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – Threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP publication 118. Ann ICRP 2011; 41(1-2): 1-322.
- 10) 厚生労働省. 放射線業務における眼の水晶体の被ばくに係る放射線障害防止対策について. 平成 29 年 4 月. 2017; 基安発 0418 第 1 号-第 5 号.
- 11) Chen MY, Van Swearingen FL, Mitchell R, et al. Radiation exposure during ERCP: effect of a protective shield. Gastrointest Endosc 1996; 43(1): 1-5.
- 12) Campbell N, Sparrow K, Fortier M, et al. Practical radiation safety and protection for the endoscopist during ERCP. Gastrointest Endosc 2002; 55(4): 552-557.
- 13) 吉田龍太, 北島 潔, 知々田勝之, 他. ERCP 検査等における X 線 TV 用管球プロテクタの有用性の検討. 日農医誌 2014; 63(2): 127-131.
- 14) International Atomic Energy Agency. Implications for occupational radiation protection of the new dose limit for the lens of the eye. IAEA TECDOC 1731, 2013.
- 15) 富田博信, 諸澄邦彦. OSL 線量計線量計を用いた MDCT 装置の CT 室内散乱線分布の測定. 日放技学誌 2004; 60(11): 1550-1554.
- 16) Scarboro SB, Cody D, Alvarez P, et al. Characterization of the nanoDot OSLD dosimeter in CT. Med Phys 2015; 42(4): 1797-1807.
- 17) Al-Senan RM, Hatab MR. Characteristics of an OSLD in the diagnostic energy range. Med Phys 2011; 38(7): 4396-4405.
- 18) Takegami K, Hayashi H, Okino H, et al. Energy dependence measurement of small-type optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter by means of characteristic X-rays induced with general diagnostic X-ray equipment. Radiol Phys Technol 2016; 9(1): 99-108.
- 19) Kawaguchi A, Matsunaga Y, Suzuki S, et al. Energy dependence and angular dependence of an optically stimulated luminescence dosimeter in the mammography energy range. J Appl Clin Med Phys 2017; 18(2): 191-196.
- 20) 森 泰成, 越田吉郎, 藤井友則, 他. IVR に従事する看護師の被ばく形態の把握と管理手法の検討. 日放技学誌 2007; 63(4): 401-411.

問合先

〒930-8550 富山市西長江 2-2-78
富山県立中央病院画像技術科 廣澤文香