

ERCP 検査における X 線診療室内散乱線量の個人線量当量としての測定

渡邊 浩^{1,2*} 近野正哉³ 藤田佑香⁴ 栗原 翔⁵ 外處花奈⁶ 萩原未稀⁴
山本和幸⁷ 坂本 肇⁸ 竹中 完⁹ 細野 眞¹⁰

抄 録

【目的】改正された電離放射線障害防止規則（2020年4月）では、眼の水晶体の等価線量限度が「5年で100 mSv、なおかつ1年で50 mSv」に引き下げられた。医療部門での職業被ばくを減らす必要がある。この研究の目的は、X線診療室での散乱線量を個人線量当量として測定し、内視鏡的逆行性胆管膵管造影（ERCP）検査における等価線量限度との比較を容易にすることである。【方法】散乱線量は、X線診療室に格子状に配置された放射線測定器によって測定した。線量率は、X線管の周りから患者まで伸びる防護クロス（0.25 mm Pb 当量）を使用した場合としない場合で測定した。【結果】ERCPを実施する術者の立ち位置での最大線量率は、地面から150 cmで2.9 mSv/h（3 mm 線量当量率）であった。防護クロスを使用しない場合の眼の水晶体の等価線量限度を遵守するためのERCP件数は28件/年であった。【結語】本研究結果はX線診療室内の個人線量当量測定が眼の水晶体の等価線量限度との比較を容易にする可能性を示唆した。

Key words: endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP), equivalent dose of the lens of the eye, X-ray room scattered dose, personal dose equivalent, occupational exposure

緒 言

現在、医療機器の発展に伴って低侵襲で患者への負担が少ない interventional radiology (IVR) が新たな治療分野として広く利用されている。内視鏡的逆行性胆管膵管造影 (endoscopic retrograde cholangiopancreatography: ERCP) 検査もその一つであり、検査から治療まで低侵襲の手技で行われるが、患者の医療被ばくは多くなる傾向がある。また、術者である医師はもちろんのこと、患者の呼吸状態や血圧のモニタリング、検査に用いられる各種デバイスの調達、患者体動時の抑制、状況に

応じて検査の助手を一手に行う看護師の職業被ばく線量も多いことが報告されている^{1,2)}。ERCP 検査では胆管／膵管の造影所見の評価はもちろん、組織摂取、デバイス挿入など、すべての処置がX線透視下で行われるため、透視時間が増加する傾向がある³⁾。ERCP 検査に使用するX線（一次線）は患者に照射されるが、照射されたX線はその後、患者周辺に散乱X線として分布する。X線診療室内の散乱X線は室内で医療行為を行う放射線業務従事者（以下、従事者）の最も大きな被ばく要因である。そのため、X線診療室内の空間散乱線量分布を把握することは放射線による安全を考慮するうえで非常に重要になる⁴⁾。

2011年に国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) は「5年間の平均が20 mSv/年を超えず、なおかつ1年間においても50 mSvを超えない」とする職業被ばく限度の一つである眼の水晶体等価線量限度を勧告し（以下、ソウル声明）、Pub.118を刊行した⁵⁾。ソウル声明を基軸とした改正電離放射線障害防止規則（以下、電離則）が2020年4月1日に公布された。わが国における従前の水晶体の等価線量限度は150 mSv/年であり、1年間の線量限度である50 mSvと比較すると3分の1にまで引き下げられることとなった。そのため、これまでよりも積極的に従事者の職業被ばくを低減する必要がある⁶⁾。最近では、X線診療室内の散乱線を低減するための防護クロスが利

論文受付：2021年1月7日

論文受理：2021年11月21日

早期公開：2022年3月15日

¹ 群馬バース大学保健科学部放射線学科（現 群馬バース大学医療技術学部放射線学科）

² 群馬バース大学大学院保健科学研究科

³ 群馬バース大学保健科学部放射線学科（現 独立行政法人労働者健康安全機構東京労災病院中央放射線部）

⁴ 群馬バース大学保健科学部放射線学科

⁵ 群馬バース大学保健科学部放射線学科（現 社会医療法人社団新都市医療研究会〔関越〕会関越病院中央診療部放射線科）

⁶ 群馬バース大学保健科学部放射線学科（現 医療法人社団誠馨会新東京病院放射線科）

⁷ 東海大学医学部付属病院診療技術部放射線技術科

⁸ 順天堂大学保健医療学部放射線学科

⁹ 近畿大学医学部消化器内科

¹⁰ 近畿大学医学部放射線医学教室

* 連絡先著者：〒370-0006 群馬県高崎市問屋町3-3-4

群馬バース大学医療技術学部放射線学科 渡邊 浩

E-mail: hiwatanabe-jsnmt@umin.ac.jp

doi: 10.6009/jjrt.2022-1149

用されている⁷⁾。また、X線診療室内の散乱線量の測定結果も報告されている⁸⁻¹⁰⁾。X線診療室内の散乱線量の測定はこれまで線量の多寡や線量分布図を作成することに用いられるため周辺線量当量や空気カーマで測定されることが多い¹⁰⁻¹²⁾。しかし、眼の水晶体の等価線量限度と比較する場合には、周辺線量当量や空気カーマから水晶体等価線量に換算しなければならなかった。

本研究の目的は、ERCP検査におけるX線診療室内の散乱線量を個人線量当量として測定することにより、水晶体の等価線量限度との比較を容易にすることである。

1. 方法

1-1 使用機器等

X線装置、人体ファントムおよび防護クロスは、それぞれ東芝メディカルシステムズ(現・キヤノンメディカルシステムズ、栃木)製据置型デジタル式汎用X線透視診断装置 デジタルX線TV装置システム Plessart ZERO DREX-PZ10、京都科学(京都)製PH-2可動人体ファントムPBU50および保科製作所(東京)製散乱線防護クロスNPを用いた。なお、防護クロスの鉛当量は0.25 mmPbである。

また、放射線測定器は、長瀬ランダウア(茨城)製光刺激ルミネッセンス線量計(optically stimulated luminescence dosimeter: OSLD)(以下、ルミネッセンス線量計)¹³⁾、および3 mm線量当量専用熱ルミネッセンス線量計(thermo-luminescent dosimeter: TLD)(以下、ビジョン線量計)を用いた。防護クロスの寸法は、遮蔽部分は横幅650 mm、奥行き450 mm、高さ800 mmで、その上のX線管のカバーは横幅550 mm、奥行き450 mm、高さ500 mmで、両者を接続した状態の高さは1200 mmである。両者をマジックテープで結合し結合部から散乱線の漏れが生じないようにして接合させて使用した。

1-2 X線透視条件および幾何学的配置

X線透視条件は、ERCP検査を行う腹部の条件である管電圧:95 kV、管電流:1.5 mA、照射野:23.3×23.3 cm(焦点からの距離100 cmの位置)および焦点-イメージインテンシファイア間距離115 cmである。X線装置はパルス透視レートが使用できない装置であったため連続透視モードでX線透視を行った。また、総ろ過は2.7 mmAl(X線管固有ろ過1.3 mmAl、絞り)、および照射口による付加ろ過1.4 mmAl)である。

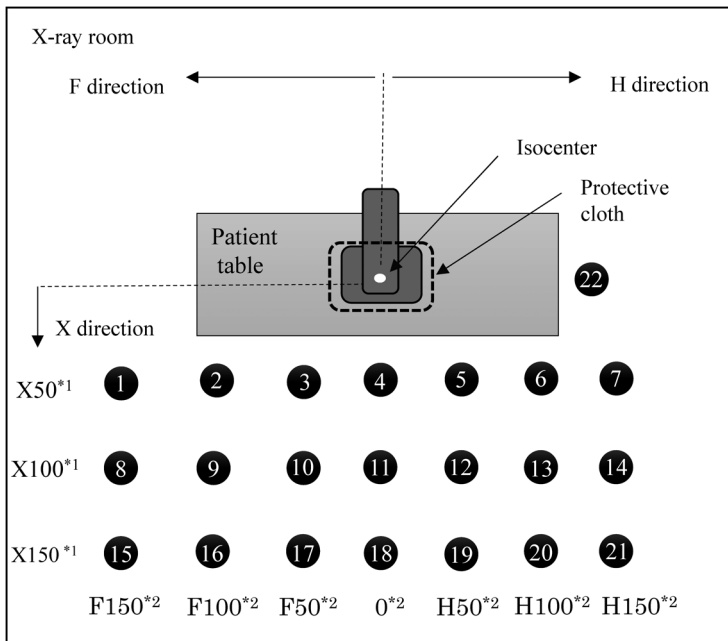
床から検査台上縁および焦点まではそれぞれ90 cmと197 cm、人体ファントムの腹部厚は20 cmで高さ方向の人体ファントム中心が床から100 cmとなる。

1-3 測定方法および検討項目

X線診療室内の測定位置および測定機材の外観と放射線測定器の配置位置をFig. 1に示す。ERCP検査の状況を正確に再現し、X線診療室内の線量分布を測定した。ERCP検査に従事する医師や看護師の作業する位置を想定し、放射線測定器の配置はX線装置の周辺に50 cmずつ間隔を空け22カ所とした。術者の位置は医療機関によって異なる可能性があるが、主術者はFig. 1のNo. 5の位置、副術者はNo. 4あるいはNo. 6の位置が多いかもしれない。本論文では安全側に考えて最も線量が高くなるNo. 4の位置を術者の位置とした。放射線測定器は空洞の円筒形のクラフト紙とプラスチック製の繋ぎ目で作成した支柱(以下、測定用支柱)の表面に装着して設置した。この測定用支柱には床から高さ1.0 m(体幹部中心)にルミネッセンス線量計、1.5 m(水晶体)の位置に水晶体の等価線量測定用のビジョン線量計を配置して、それぞれ1 cm線量当量と3 mm線量当量を測定した。また、ERCPの術者の位置に相当する、アイソセンタから50 cm水平方向に離れた位置と、看護師の介助位置である患者の頭部側の検査台の端の2カ所では、床からの高さ方向の90-160 cmに10 cm間隔でルミネッセンス線量計を配置し1 cm線量当量を測定した。なお、放射線測定器はアイソセンタの方向を向くように配置した。

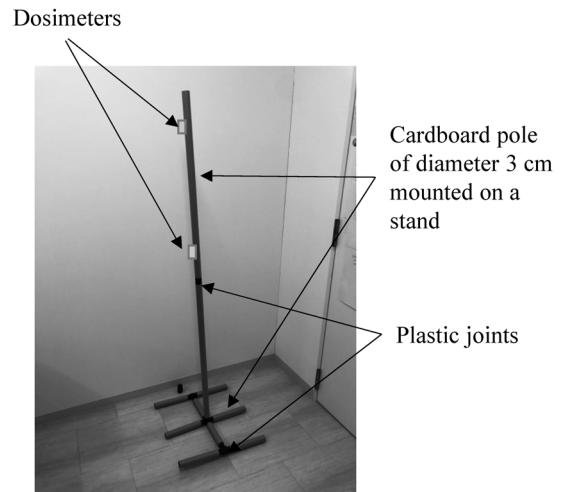
患者の代替として、人体ファントムを患者と同様の腹臥位で、頭部が向かって右側(H方向)、下肢が向かって左側(F方向)になるようにX線装置の患者寝台上に配置した。アイソセンタから術者側をX方向とする。

また、この測定に防護クロスを使用した場合(測定時間40分)と、使用していない場合(測定時間30分)で2回行った。連続40分のX線透視に関して管電流の変動は多少あるものの、測定値に影響を及ぼすような変動とは考えられない。防護クロスはX線管全体から被写体までを覆い、下側は検査台にまで達しており防護クロスと検査台の間には隙間が生じておらず、術者側の散乱線を遮蔽できるように使用した。サイズはX線装置の型式の形状に合わせてオーダーメイドされるようになっているため、大きさの不整合からの散乱線の漏えいが生じにくいように工夫されている。ただし、頭部側と下肢側は被写体の頭部と下肢が出る構造になっており、完全にふさがった状態ではない。防護クロスは取り外し可能で使用するときのみ装着する。更に、X線診療室外で漏洩線量の影響を受けにくい場所に、バックグラウンドを測定するための放射線測定器を1個配置した。なお、ルミネッセンス線量計ならびにビジョン線量計による測定の検出限界は0.01 mSvである。



*1: Distance in the X direction from the isocenter (cm)
 *2: Distance in the patient axis direction from the isocenter (cm)

● Pole position



a | b

Fig. 1 Measurement position in the X-ray room, appearance of measurement equipment, and placement position of measurement elements

更に、防護クロス(+)の線量低減率は下記の式(1)を用いた。

$$\text{線量低減率(\%)} = \left(\frac{\text{防護クロス(-)の線量} - \text{防護クロス(+の線量)}}{\text{防護クロス(-)の線量}} \right) \times 100 \quad (1)$$

1-4 倫理的配慮

本研究は人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に抵触しないが群馬パース大学研究倫理審査委員会の方針にしたがって承認を得て実施した(承認番号PAZ19-26)。

2. 結果

Table 1に、防護クロスを使用していない場合のNo. 1-21 (Fig. 1) の位置における床から100 cmと150 cmの1時間あたりに換算した測定値を示す。なお、100 cmは1 cm線量当量率、150 cmは3 mm線量当量率である。術者の立ち位置の中で最も線量率が高いFig. 1のNo. 4の線量率は、高さ100 cmで1.6 mSv/h、150 cmで2.9 mSv/hであった。患者の体軸方向で頭部側に離れると高さ100 cmで0.62, 0.18, 0.08 mSv/h、高さ150 cmで1.62, 0.56, 0.24 mSv/hと低くなった。下肢側も同様の傾向である。

また、アイソセンタから離れるにしたがって体軸方向のアイソセンタの位置で高さ100 cmで0.40, 0.16 mSv/h、高さ150 cmで0.80, 0.28 mSv/hと低くなった。

また、介助者である看護師の立ち位置の地点 (Fig. 1, No. 22) の線量率は高さ100 cmで0.1 mSv/h、150 cmで0.38 mSv/hであった。

同様に、Table 2に防護クロスを使用した場合のNo. 1-21 (Fig. 1) の位置における100 cmと150 cmの1時間あたりに換算した測定値を示す。術者の立ち位置の中で最も線量率が高いFig. 1のNo. 4の線量率は、高さ100 cmで0.17 mSv/h、150 cmで0.17 mSv/hであった。防護クロスを使用していない場合と同様にアイソセンタから離れるにしたがって低くなった。介助者の立ち位置の地点 (Fig. 1, No. 22) の線量率は高さ100 cmで0.02 mSv/h、150 cmで0.03 mSv/hであった。

また、術者位置 (Fig. 1のNo. 4) と介助者位置 (Fig. 1のNo. 22) における、防護クロスを使用しない場合と使用した場合の1時間あたりに換算した測定値を床からの高さ別にTable 3、防護クロスを使用しない場合における術者位置と介助者位置の高さ方向の線量分布をFig. 2に示す。なお、測定線量率はすべて1 cm線量当量率である。術者と介助者の立ち位置の高さ方向の線量率の最大値は、術者の立ち位置が2.56 mSv/h (高さ130 cm)、

介助者の立ち位置が0.28 mSv/h (高さ150 cm)であった。また、術者位置 (Fig. 1のNo. 4)における高さ100 cmの線量率は、防護クロス(-)の1.60 mSv/hから防護クロス(+)では0.17 mSv/hにおよそ90%低減した。また、同様に高さ150 cmでは2.24 mSv/hから0.14 mSv/hに94%低減した。術者位置における防護クロスの高さ90 cmか

ら160 cmまでの線量低減率は89.7-94.3%であった。

3. 考察

3-1 放射線測定器の基本特性と測定精度

ルミネス線量計の線量計素子であるOSLD¹³⁾は、 γ 線に対して0.05 mSvから1 Svの線量測定範囲(報告値

Table 1 Measured value converted per hour (protective cloth (-))

Distance in the X direction from the isocenter	Height	Dose rate according to distance in the patient axis direction from the isocenter (mSv/h)						
		F 150 cm	F 100 cm	F 50 cm	0 cm	H 50 cm	H 100 cm	H 150 cm
X 50 cm	150 cm ^{*1}	0.20	0.48	1.48	2.90	1.62	0.56	0.24
	100 cm ^{*2}	0.08	0.18	0.66	1.60	0.62	0.18	0.08
X 100 cm	150 cm ^{*1}	0.14	0.30	0.64	0.80	0.64	0.30	0.16
	100 cm ^{*2}	0.08	0.14	0.34	0.40	0.34	0.16	0.08
X 150 cm	150 cm ^{*1}	0.10	0.20	0.32	0.28	0.30	0.22	0.10
	100 cm ^{*2}	0.04	0.10	0.16	0.16	0.16	0.10	0.04

*1: 3 mm dose equivalent rate per hour

*2: 1 cm dose equivalent rate per hour

Table 2 Measured value converted per hour (protective cloth (+))

Distance in the X direction from the isocenter	Height	Dose rate according to distance in the patient axis direction from the isocenter (mSv/h)						
		F 150 cm	F 100 cm	F 50 cm	0 cm	H 50 cm	H 100 cm	H 150 cm
X 50 cm	150 cm ^{*1}	0.00	0.00	0.05	0.17	0.06	0.02	0.00
	100 cm ^{*2}	0.00	0.02	0.05	0.17	0.05	0.00	0.00
X 100 cm	150 cm ^{*1}	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00
	100 cm ^{*2}	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00
X 150 cm	150 cm ^{*1}	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
	100 cm ^{*2}	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00

*1: 3 mm dose equivalent rate per hour

*2: 1 cm dose equivalent rate per hour

Table 3 Dose reduction rate of protective cloth

Height (cm)	Surgeon position			Caregiver position		
	1 cm dose equivalent rate per hour (mSv)		Dose reduction rate (%)	1 cm dose equivalent rate per hour (mSv)		Dose reduction rate (%)
	Protective material			Protective material		
	(-)	(+)	(-)	(+)		
90	1.22	0.12	90.2	0.08	0.00	100.0
100	1.60	0.17	89.7	0.10	0.02	80.0
110	1.98	0.18	90.9	0.08	0.02	81.3
120	2.44	0.20	92.0	0.12	0.02	87.5
130	2.56	0.18	93.0	0.18	0.03	83.3
140	2.36	0.14	94.3	0.22	0.03	86.4
150	2.24	0.14	94.0	0.28	0.03	89.3
160	1.86	0.12	93.5	0.26	0.03	88.5

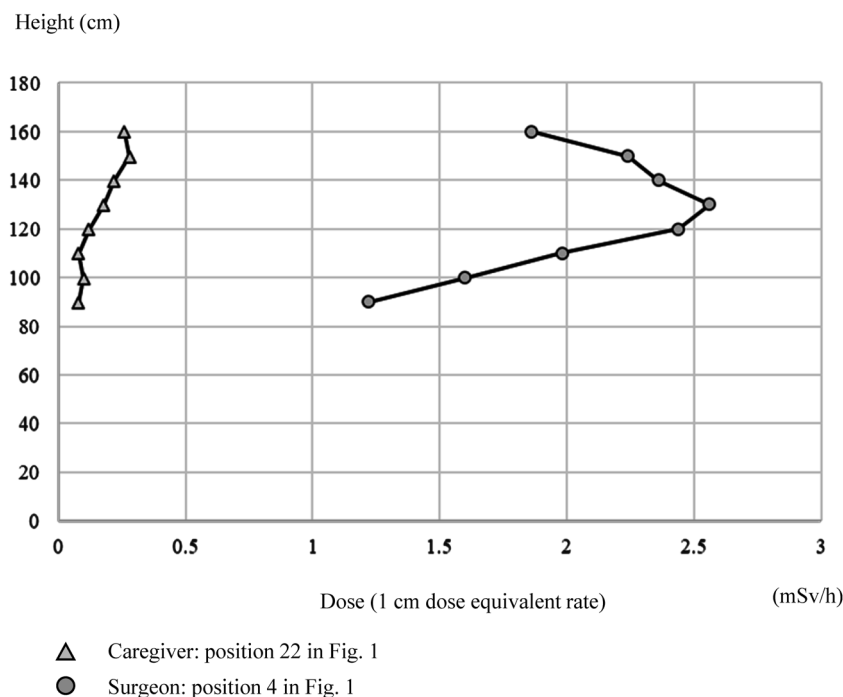


Fig. 2 Height-wise dose distribution at the operator and caregiver positions

は 0.01 mSv から) でレスポンスの変動は $\pm 5\%$ 以内, 0.03 mSv においても 10% 以内である. エネルギー特性は, 15–1250 keV の光子エネルギー範囲において 1 cm 線量当量および 3 mm 線量当量の評価値の変動はいずれも $\pm 10\%$ 以内である. 方向特性は X 線に対して上下左右 30° までの範囲で 80% 以上のレスポンスを有している. 線量計素子間の変動計数は 1 mSv において 3% 強で, それ以上の線量では 3% 未満であった. フェーディングは 120 日間までは室温ではみられない. 一方, ビジョン線量計は, 2019 年 4 月に日本工業会規格の JISZ4345¹⁴⁾ に適合する仕様で線量測定サービスを開始した水晶体の等価線量測定用の個人線量計で, 長瀬ランダウアでは日本工業会規格の JISZ4345 を満たしていることを試験を行って確認している. また, 装丁が多少異なるものの, 線量計素子自体は同じであるものが日本適合性認定協会による技能試験, 書類審査, 現地審査を受けて, 2021 年 3 月 23 日に水晶体用線量計として認定された. 公開されている特性¹⁵⁾ は, 測定線量範囲は X $\cdot\gamma$ 線で 0.10–1000 mSv (報告値は 0.01 mSv から), 測定エネルギーの範囲は X 線 $\cdot\gamma$ 線で 15–6 MeV, フェーディングは 90 日間で 10% 以内である.

本研究は 1 回のみ測定ではあるが, 両方の放射線測定器は既に日本工業会規格 JISZ4345 を満たし, 個人線量当量を測定するための個人線量計として使われており, 信頼性には大きな問題はないと考えられる. また, 両方の放射線測定器は測定サービス会社からの発

送, 測定, 返送, リーディングまでの期間が 20 日間で, フェーディングによる影響はほとんどない.

3-2 X 線診療室内の線量分布および術者と介助者での線量の差異

防護クロスを使用しない場合の術者の位置と介助者の位置における高さ方向の線量分布 (Table 3) で, 術者位置はアイソセンタの最も近傍であるため, 介助者の位置に比べて最大線量率での比で約 9 倍高かった. これは介助位置がアイソセンタから約 120 cm 離れており, 距離が術者位置の約 2.4 倍であることと患者の自己遮蔽効果によるものと考えられる. また, 患者中心の高さ (100 cm) よりも 30 cm 高い 130 cm の線量が最大となった. 大概ら³⁾ はオーバーキューブタイプの X 線装置の高さ方向の最大値は 140 cm と報告しており, 本研究結果とほぼ一致する. 一次線が患者に照射された後の患者からの散乱線が主たる要因であり, 患者からの散乱線が X 方向において上斜め方向に高くなることを示していると考えられた. したがって, 防護眼鏡だけでなく頸部を防護するネックガードの着用も推奨される. 一方, 介助者位置では高さ方向で 90–110 cm までは低く, 120 cm あたりから少しずつ高くなり, 150 cm が最大になる線量分布を示した. この方向は患者の体軸方向であり, 患者の自己遮蔽効果が最も大きく寄与する方向でもある. 介助者の水晶体の等価線量を低減したい場合には, 水晶体の高さを患者の高さま

で低くすることにより低減できる可能性があることがわかった。

3-3 防護クロス of 放射線防護効果と必要性

Table 1 と 2 に示したように、防護クロスによって X 線装置の X 線管から患者までを保護することで、最大となる術者の位置の水晶体の等価線量が、2.9 mSv/h から 0.17 mSv/h (線量低減率：94%) に低減することを確認できた。改正電離則は 2021 年 4 月 1 日に施行された。竹中ら²⁾によると ERCP 検査時の平均透視時間は 14.9 分であった。X 線透視だけで考えると、本研究で得られた術者位置で水晶体の高さである 150 cm の 3 mm 線量当量は 1 時間当たり 2.9 mSv であることから、1 回の ERCP 検査での術者の水晶体線量は 0.72 mSv となる。改正電離則において改訂された水晶体の等価線量限度の年平均である 20 mSv に達する件数は約 28 件でしかない。主術者の立ち位置で頻度が最も高いと考えられる Fig. 1 の No. 5 の位置であっても線量率の関係から約 50 件でしかない。古田ら¹⁶⁾の全国調査結果から計算すると施設当たりの平均年間 ERCP 件数は約 400 件である。眼の水晶体の等価線量限度を遵守するためには、No. 4 の位置で 14 人、No. 5 の位置で 8 人以上の担当医師で平均して分担しなければならない。しかし、防護クロスを用いた場合には No. 4 と No. 5 の位置でそれぞれ約 480 件と 1350 件とすることができる。竹中らは、実測値から年間の水晶体の等価線量を 16.8 mSv と推定するとともに、ERCP 検査を実施する消化器内科医は ERCP 検査以外にも被ばくする放射線診療を実施していると報告している。本研究結果と竹中らの報告を踏まえると、ERCP の実施件数が標準的な件数よりも低い場合や担当医師が多く均等化して低減できる場合等を除いて、ERCP 検査には防護クロスを使用することが強く推奨される。

水晶体専用の線量計および防護眼鏡の配布、着用基準として、関係学会より頭頸部に着用した個人線量計で測定された水晶体等価線量が 13 mSv を超える場合には眼の水晶体付近に個人線量計を付け、放射線防護眼鏡の効果を加味した正確な評価をすることが示されている¹⁷⁾。しかし、13 mGy を超えてから防護眼鏡と水晶体等価線量測定専用の個人線量計を着用した場合、残りの期間で線量限度に達する可能性もあるとともに、線量限度を超えなければよいということではなく、可能な限り線量を低減することが求められている。したがって、最終的には医療機関が職員である医師等の医療従事者の職業被ばくならびに健康管理上の観点から独自に検討、判断しなければならない。水晶体専用の

線量計を用いた測定および年間の等価線量推定方法を用いることによって、あらかじめ推定を行い事前に配布、着用を判断することを容易にする可能性が示された。

3-4 研究限界

本研究は 1 製造メーカーの 1 機種で、X 線装置はパルスレート透視が使用できない装置であった。また、X 線撮影による線量を評価していない。そのため、パルス透視レートが使用できた場合や X 線撮影の回数によって従事者の線量が異なる可能性がある。

また、本研究は 1 回のみ測定であるため、測定値は変動する可能性がある。

更に、本研究では個人線量当量として測定した。この場合、放射線測定器は従事者の体表面に装着されるため、主に後方からの散乱線が従事者自身によって自己遮蔽される。一方、放射線測定器の正面から照射される散乱線による人体からの後方散乱が寄与する可能性がある。

4. 結語

本研究では、ERCP 検査時の X 線診療室内の散乱線量を個人線量当量として測定するとともに、防護クロスの線量低減率の評価を行った。術者位置の防護クロスの線量低減率は概ね 90% 以上であった。ERCP 検査には防護クロスを使用することが強く推奨される。また、本研究で示した方法で水晶体専用の個人線量計を用いる測定により、水晶体の等価線量限度との比較を容易にする可能性が示唆された。また、防護眼鏡ならびに眼の水晶体等価線量測定専用の個人線量計の配布、着用の事前検討の可能性が示唆された。

謝辞

本研究は令和 2 年度労災疾病臨床研究事業費補助金研究「医療分野の放射線業務における被ばくの実態と被ばく低減に関する調査研究」〔研究代表者：細野真(近畿大学教授)〕の研究活動の一環として行った。また、本研究は群馬パース大学の 2020 年度診療放射線学研究活動の一環として行った。

利益相反

筆頭著者および共著者全員に開示すべき利益相反はない。

参考文献

- 1) 中村仁信, 富樫厚彦, 諸澄邦彦編著. IVR の臨床と被曝防護. 東京: 医療科学社, 2004.
- 2) 竹中完, 細野真, 中井敦史, 他. ERCP (内視鏡的逆行性胆管膵管造影検査) における水晶体被ばくの現状. 日消誌 2019; 116(12): 1053-1055.
- 3) 大槻勇一朗, 田村諒, 奥山弘也, 他. ERCP における簡易散乱線防護クロスによる被曝低減の検討. 大阪物療大学紀要 2018; 6: 39-42.
- 4) 日本循環器学会, 日本インターベンショナルラジオロジー学会, 日本医学放射線学会, 他. 循環器診療における放射線被ばくに関するガイドライン, 2011年改訂版. https://www.j-circ.or.jp/old/guideline/pdf/JCS2011_nagai_rad_h.pdf (Accessed 2020.10.30).
- 5) Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, et al. ICRP Publication 118: 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. Ann ICRP 2012; 41(1-2): 1-322.
- 6) 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会報告書, 2019. <https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/000549964.pdf> (Accessed 2020.11.30).
- 7) 木曾まりこ, 古川善也, 篠原美美, 他. ERCP 検査時の放射線防護具の作成とその効果について. 胆道 2014; 28(1): 59-65.
- 8) 飯塚崇文, 松本一真, 萩原芳明, 他. CT ガイド下 IVR における術者頭頸部被ばくの測定. 日放技学誌 2019; 75(7): 625-630.
- 9) 藤淵俊王, 上田昂樹, 門柳紗妃, 他. 仮想現実を利用した放射線検査における散乱線分布の四次元可視化による放射線防護教育への活用法の検討. 日放技学誌 2019; 75(11): 1297-1307.
- 10) 福永正明, 松原孝祐, 竹井泰孝, 他. 移動型整形外科用イメージング装置を用いた腰椎後方固定術時における室内散乱線量分布の測定. 日放技学誌 2020; 76(6): 572-578.
- 11) 則政季代, 垣見明彦, 高尾由範, 他. 体幹部ファントムを使用した C-arm CT 撮影時の散乱線量分布の把握. 日放技学誌 2016; 72(11): 1144-1151.
- 12) 宮川潤, 窪田寛之, 松原孝祐, 他. コリメータカバーを含鉛シートで覆った血管撮影装置における散乱線低減効果の検討. 日放技学誌 2017; 73(8): 680-688.
- 13) 鈴木朗史, 伊藤精. OSL 線量計の特性. 日本原子力研究所, 2001. <https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?10192> (Accessed 2021.03.15).
- 14) JIS Z 4345. X・ γ 線及び β 線用受動形個人線量計測装置並びに環境線量計測装置. https://webdesk.jsa.or.jp/preview/pre_jis_z_04345_000_000_2017_j_ed10_ch.pdf (Accessed 2021.03.15).
- 15) 長瀬ランダウア株式会社. 水晶体用線量計ビジョンバッジのご紹介. 長瀬ランダウア NL だより 2020; 519: 3.
- 16) 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.
- 17) 日本保健物理学会. 眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン, 2020年. <http://www.jhps.or.jp/upimg/files/suishotai-guideline.pdf> (Accessed 2021.06.20).

Measurement as a Personal Dose Equivalent of X-ray Room Scattered Dose in ERCP Inspection

Hiroshi Watanabe,^{1,2} Masaya Konno,³ Yuka Fujita,⁴ Sho Kurihara,⁵ Kana Todokoro,⁶ Miki Hagiwara,⁴ Kazuyuki Yamamoto,⁷ Hajime Sakamoto,⁸ Mamoru Takenaka,⁹ and Makoto Hosono¹⁰

¹ School of Radiological Sciences, Faculty of Health Sciences, Gunma Paz University (Current address: Department of Radiological Sciences, Faculty of Medical Technology, Gunma Paz University)

² Graduate School of Health Sciences, Gunma Paz University

³ School of Radiological Sciences, Faculty of Health Sciences, Gunma Paz University (Current address: Central Radiation Department, Tokyo Rosai Hospital, Japan Organization of Occupational Health and Safety)

⁴ School of Radiological Sciences, Faculty of Health Sciences, Gunma Paz University

⁵ School of Radiological Sciences, Faculty of Health Sciences, Gunma Paz University (Current address: Department of Radiology, Central Medical Treatment Department, Kan-etsu Hospital)

⁶ School of Radiological Sciences, Faculty of Health Sciences, Gunma Paz University (Current address: Department of Radiology, New Tokyo Hospital)

⁷ Department of Radiological Technology, Tokai University Hospital

⁸ Department of Radiological Technology, Faculty of Health Sciences, Juntendo University

⁹ Department of Gastroenterology and Hepatology, Faculty of Medicine, Kindai University

¹⁰ Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kindai University

Received January 7, 2021; Revision accepted November 21, 2021; Published online March 15, 2022

Abstract

Purpose: In the revised Regulation on Prevention of Ionizing Radiation Hazards (April 2020), the equivalent dose limit for the lens of the eye was lowered to “100 mSv in 5 years and 50 mSv in 1 year.” It is necessary to reduce occupational exposure in the healthcare sector. The purpose of this study was to facilitate comparison with the equivalent dose limit in an endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) examination by measuring the scattered dose in an X-ray room as an individual dose equivalent. **Methods:** The scattered dose was measured by dosimeters positioned in a grid pattern in the X-ray room. The dose rate was measured with and without the use of a protective cloth (0.25 mm Pb equivalent) suspended around the X-ray tube extending to the patient. The dose reduction rate of the material was evaluated during the simulated ERCP. **Results:** The maximum dose rate at the position of the surgeon performing an ERCP inspection in the standing position was 2.9 mSv/h (3 mm dose equivalent rate) at 150 cm from the ground. The number of ERCP examinations to comply with the equivalent dose limit of the equivalent dose of the lens of the eye without the protective cloth was 28 per year. **Conclusion:** The results of this study suggest that individual dose equivalent measurements in the X-ray clinic may facilitate comparison with the equivalent dose limit.

Key words: endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP), equivalent dose of the lens of the eye, X-ray room scattered dose, personal dose equivalent, occupational exposure