

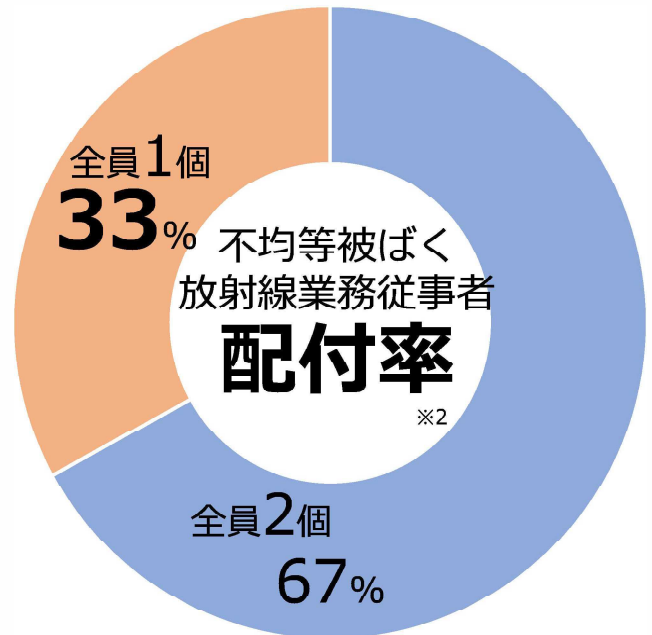
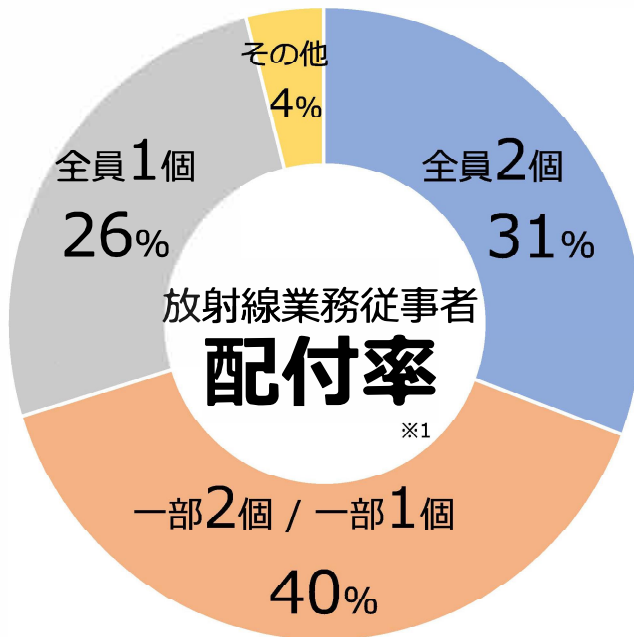
○医療分野の放射線業務における被ばくの実態と被ばく低減に関する調査研究

▶医療分野の放射線業務における放射線管理の実態調査

個人被ばく線量計 配付率

※1 目黒靖浩, 渡邊浩, 他. 医療機関ならびに地方医療行政機関に対する改正省令ガイドの必要性. 日本診療放射線技師会誌 2020;67(817):20-26. ;一部改変

※2 厚生労働省 労働基準局. 電離健診対象事業場に対する自主点検について. <https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000788913.pdf>. 2020 ;一部改変

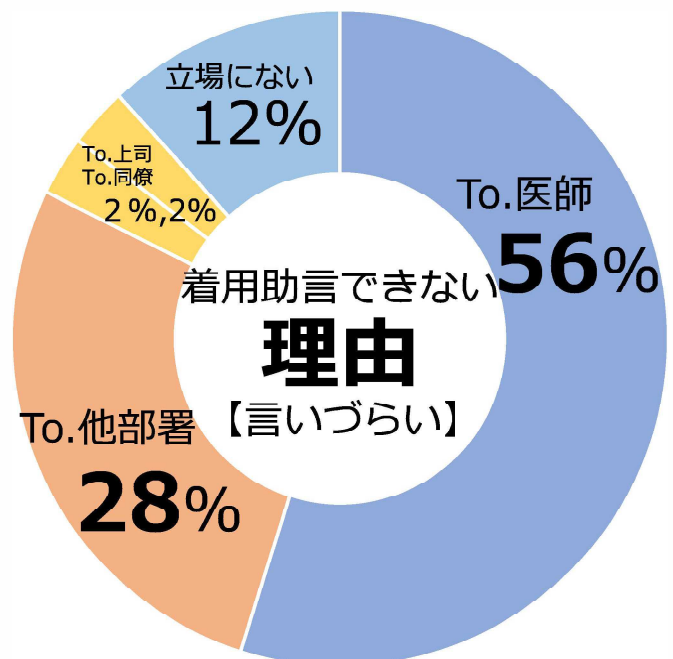
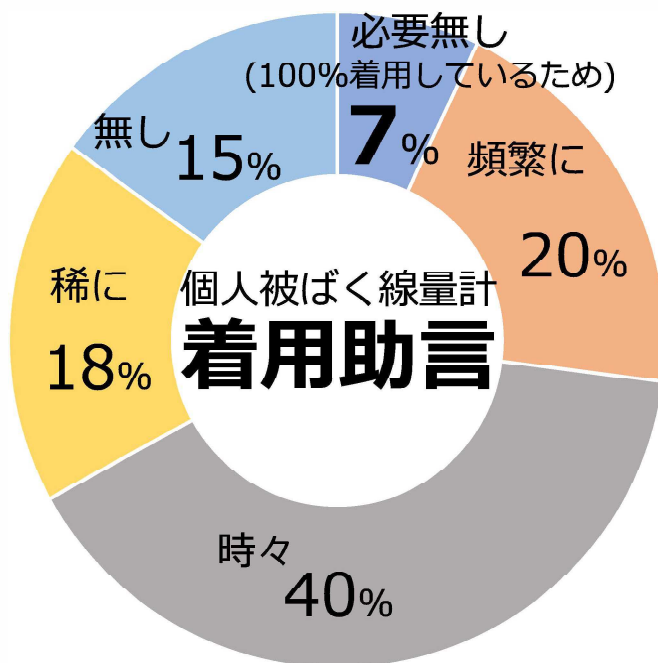


不均等被ばくを伴う放射線業務従事者に対する個人被ばく線量計を2個配付できていない施設が30%ある → 正確に従事者管理できていない

○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

▶医療分野の放射線業務における放射線管理の実態調査

個人被ばく線量計 着用率

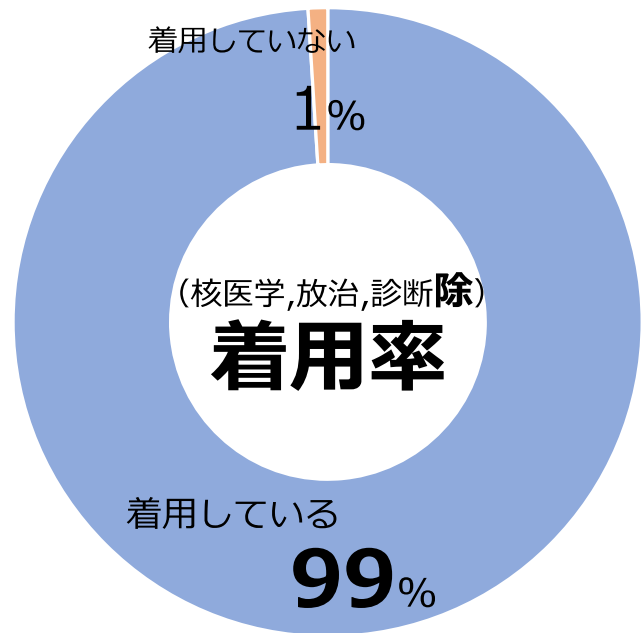
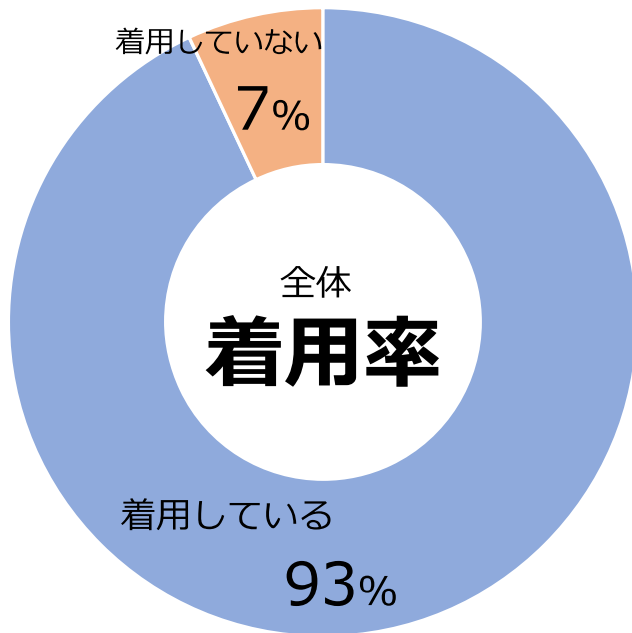


着用を助言できていないため, 正確に従事者管理できていない.
手術室では多職種が従事している. 他部署への着用助言がしにくい

○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

▶医療分野の放射線業務における放射線管理の実態調査

放射線防護衣(プロテクタ) 着用率

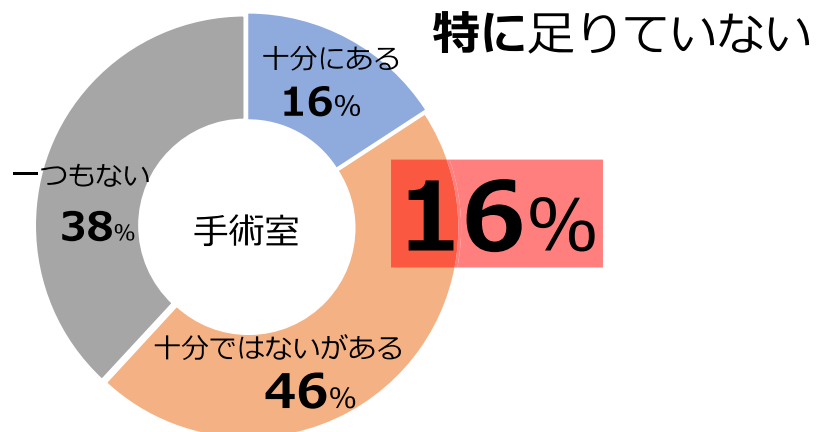
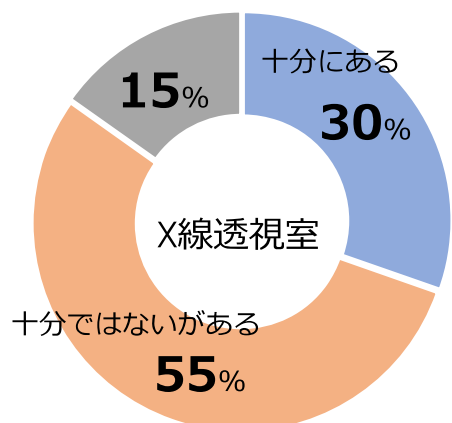
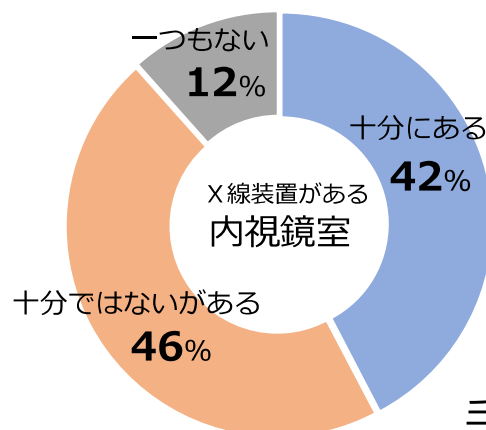
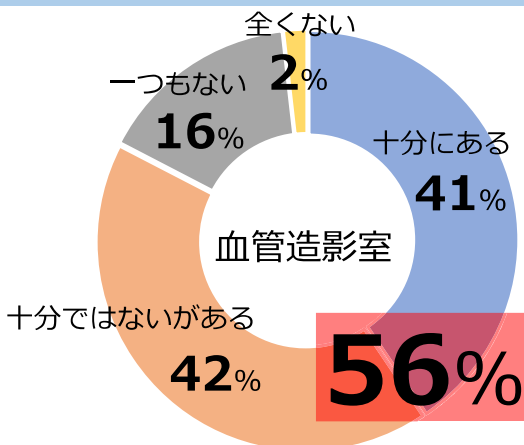


放射線防護衣の必要性は広く認知され院内で防護策として定着している。

○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

▶医療分野の放射線業務における放射線管理の実態調査

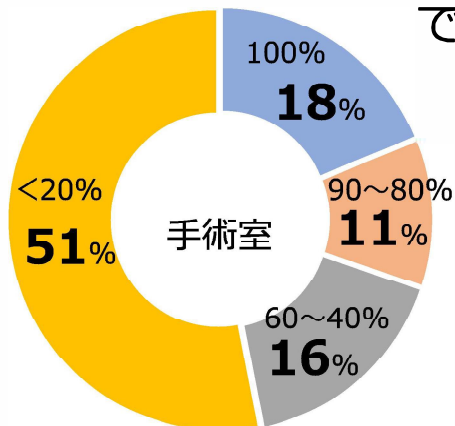
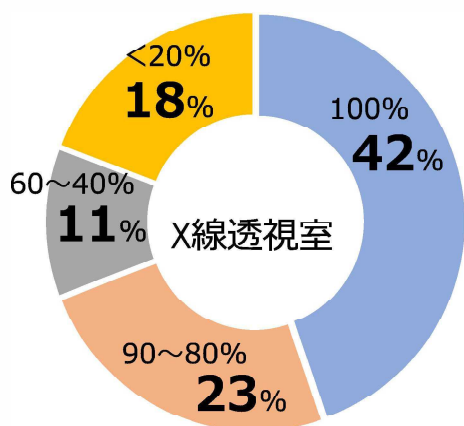
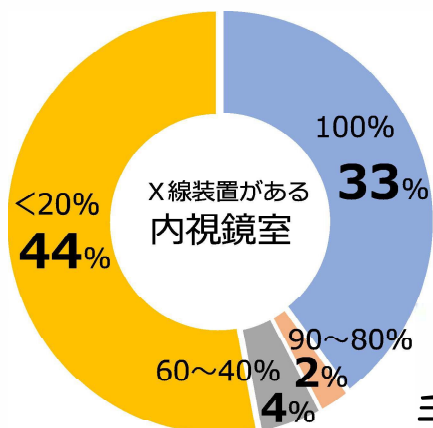
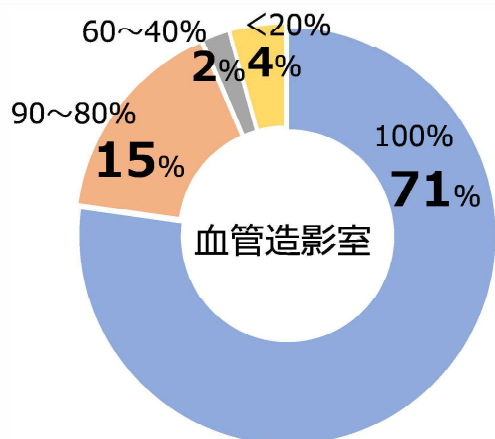
放射線防護眼鏡の配備状況



○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

▶医療分野の放射線業務における放射線管理の実態調査

診療放射線技師 従事率



手術室,内視鏡室
で従事率が低い



全国的にも手術室の
線量管理はできていない

職業被ばく低減

O-arm編



Dr：透視をお願いします

職業被ばく低減

O-arm編

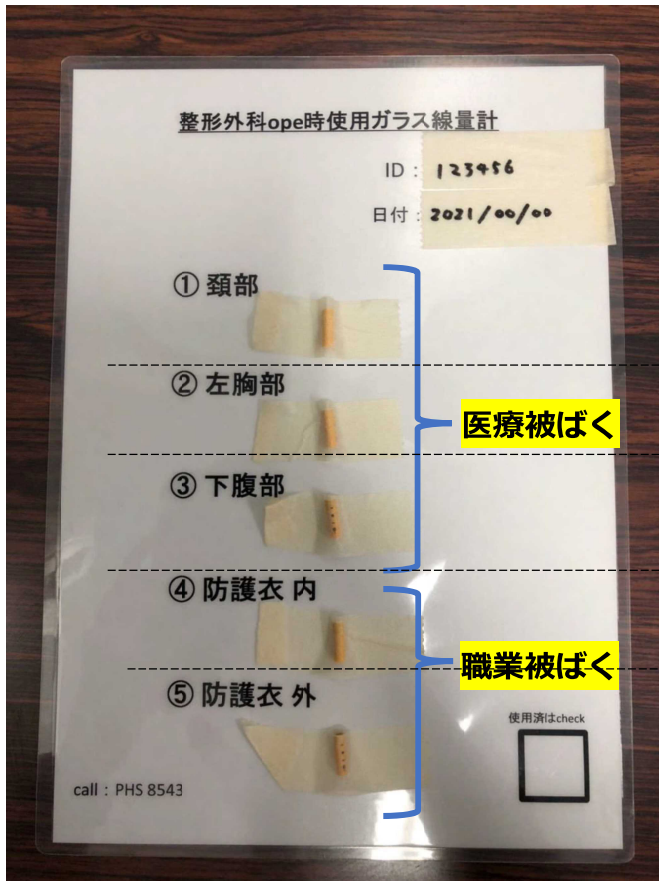


point

Ns：線量計確認します

職業被ばく低減

O-arm編



point

ガラス線量計を用いて管理

頸椎固定術
(1例)

8.241

1.466

0.021

0.006

0.010

腰椎固定術
(1例)

0.202

1.332

23.875

0.011

0.050

大きな差は
ない

職業被ばく低減

O-arm編



point

職業被ばく低減

O-arm編

放射線
管理区域

指示があるまでは
入室しないで下さい

病院長

X線撮影中

関係者以外の方はしばらく
入室 お待ちください

放射線診療従事者の注意事項

1. 撮影中・透視中は扉を閉めること。
2. 撮影中の撮影室に入る場合は防護衣等を着用すること。
3. 放射線被ばく軽減に努めること。
4. 個人被ばく線量測定器を着用すること。
5. 定期的に装置の点検整備を行い、規定の漏洩線量測定を行うこと。
6. 健康診断は定期的を受診すること。

point

X線撮影中と一目で分かる

職業被ばく低減

O-arm編



LAT撮影中

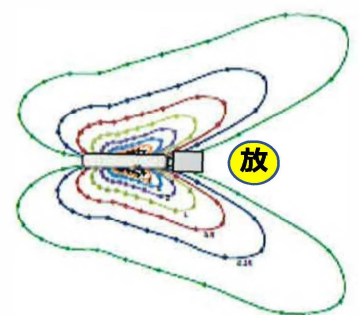
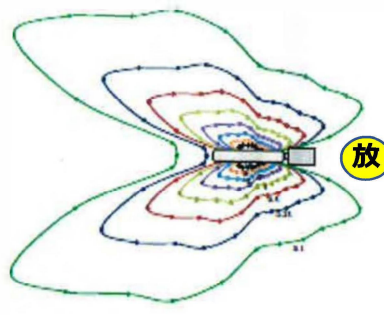
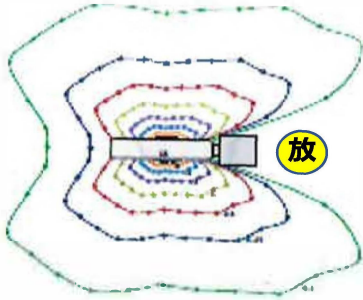
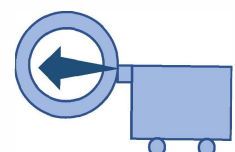
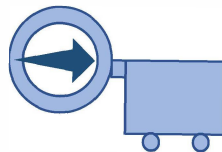
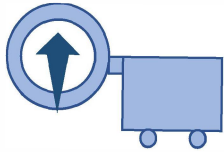
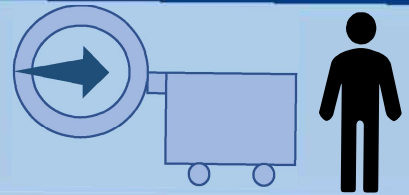
職業被ばく低減

O-arm編

point

メーカー推奨

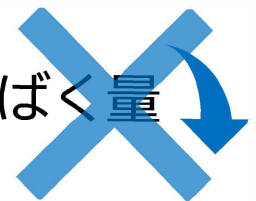
LAT透視は向かってくる方向に



被ばく量



被ばく量



職業被ばく低減

O-arm編

point



3 D 撮影中

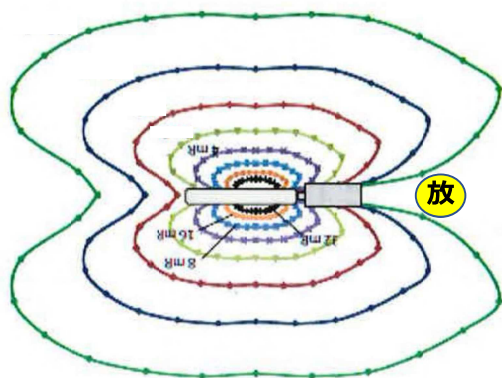
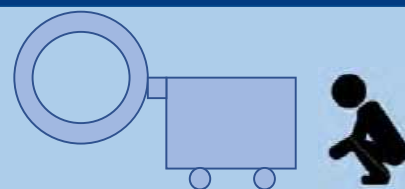
職業被ばく低減

O-arm編

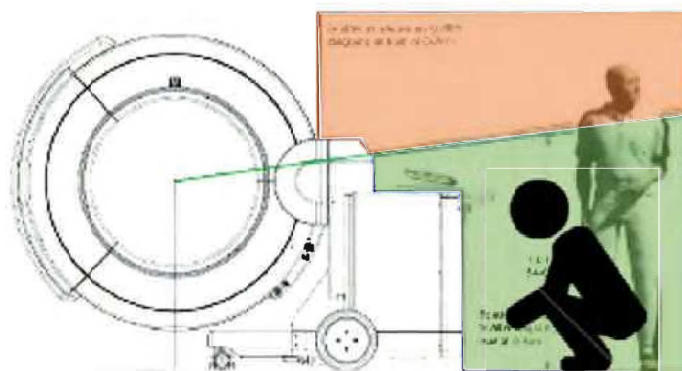
point

メーカー推奨

O-armの真後ろに立ち、
腰を落として撮影



装置の**真後ろに立つ**と
被ばく量は減る



線量高

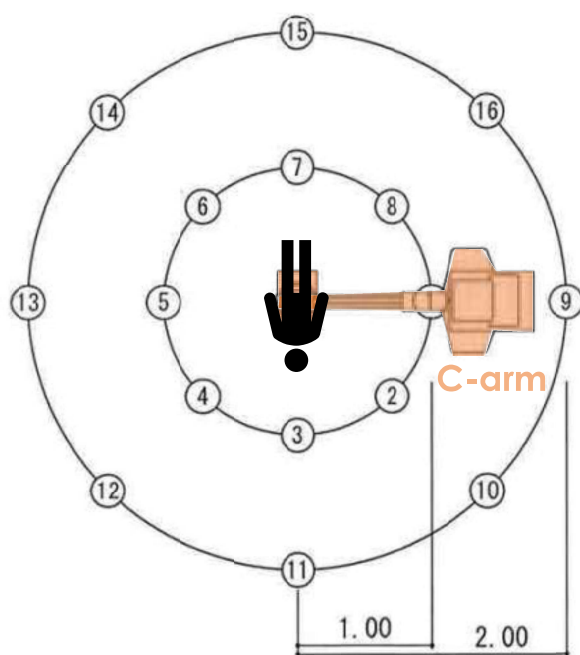
線量低

腰を落とすと
被ばく量は減る

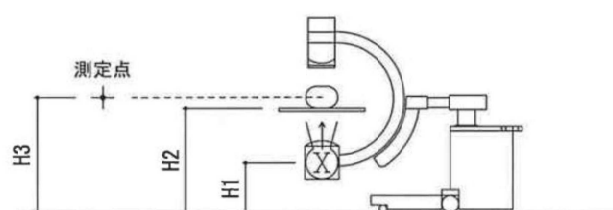
職業被ばく低減

C-arm編

C-armの漏洩線量分布



透視と撮影の2モードで
電離箱線量計を用いて測定。
年2回調査実施。

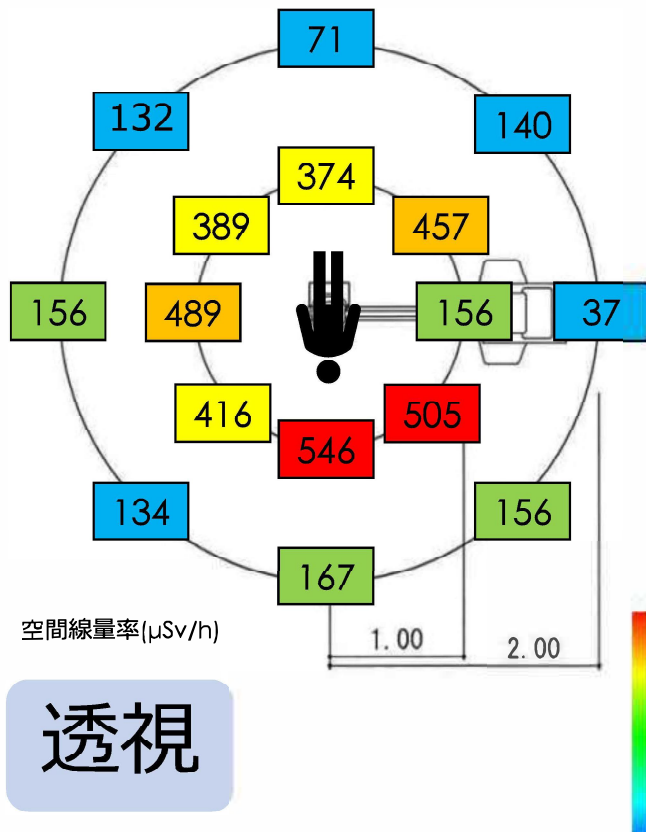


H1: 床面からエックス線管球焦点中心までの高さ
H2: 床面から被写体までの高さ
H3: 床面から測定点までの高さ=床面から被写体中心までの高さ

職業被ばく低減

C-arm編

C-armの漏洩線量分布



point

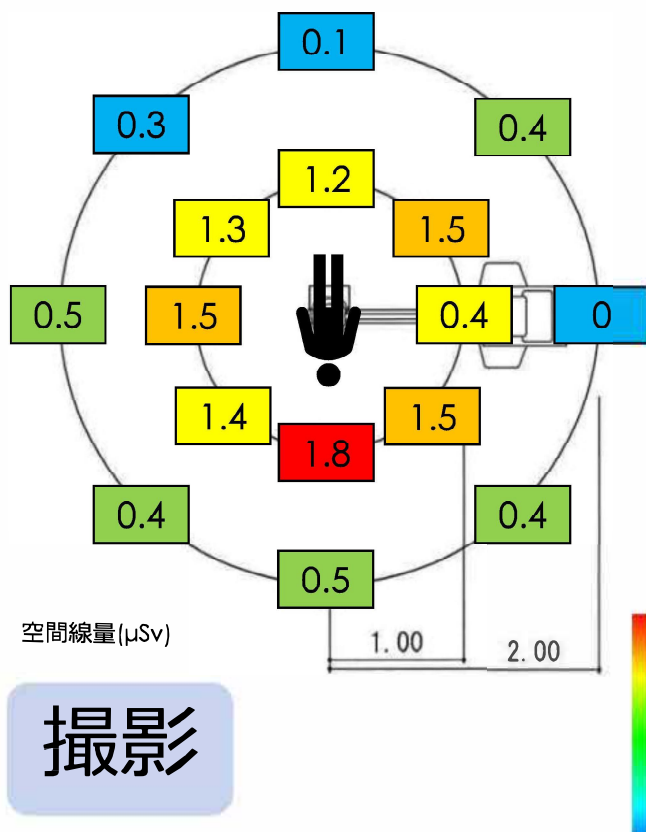
患者の**頭側**が最も高線量

麻酔科医の位置に注意が必要

職業被ばく低減

C-arm編

C-armの漏洩線量分布



point

X線管球から**2m**以上

離れる必要がある

職業被ばく低減

新人教育編

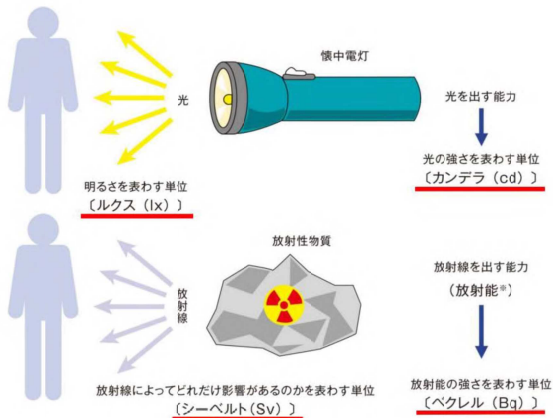
放射線防護の三原則

時間
距離
遮蔽

積算型個人線量計



放射能と放射線



日本原子力文化財団/原子力・エネルギー図面集

會田直史, 放射線に関する注意点, 当院の新人看護師向け資料.



プロテクター
90%被ばく低減



防護板
80%被ばく低減

職業被ばく低減

プロテクター編

管理方法

◆CTの位置決め画像による管理

CT装置 SIEMENS社製 SOMATOM Definition Edge

見目でわかるもの

見目でわからないもの



管理方法

◆accessを用いたデータ管理

プロテクター入力フォーム

管理番号
設置場所
メーカー
色
サイズ
鉛当量
購入年度
撮影日
状態
画像

プロテクターID: 2015097006
設置モデル: MFXO
設置場所: Anzio 5
プロテクターメーカー: 放射線製作所
サイズ: M
色 (柄): 緑 (チェック)
鉛当量: 0.25 mmPb
購入年度 (yyyy/mm): 2015/09
撮影日: 2017/09/01
コメント欄

◆防護衣情報を各部署の責任者に提出

管理方法

◆当院の基準

×: 破棄検討を推奨

5cm以上の亀裂、1cm × 1cm

△: 要経過観察

被ばくに大きな影響はない
が出る恐れがあるもの
5cm以下の亀裂、裾部にお

○: 現状維持



結果

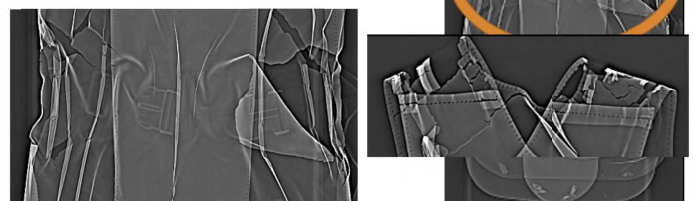
◆2017/02測定

合計106枚のうち22枚に損傷

腹部や肩部に多い傾向

肩部の損傷 16/22枚

腹部の損傷 8/22枚





放射線防護具や線量計の配置率



必要性は認知されているが配置率はまだ低い
正確な被ばく管理ができていない



放射線防護具や線量計の着用率



手術室は特に低い
装着してない人に言いにくい・・・
→タイムアウトでの装着確認



積極的な放射線技師の介入

△手術室に放射線技師を常駐させる。
→放射防護研修の実施
放射線防護策の理解と共有



令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書2
医療機関における放射線業務従事者に対する放射線管理に関する詳細調査

研究分担者

渡邊 浩 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授)

研究協力者

坂本 肇 (順天堂大学 保健医療学部診療放射線学科 教授)

山本 和幸 (東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師)

今尾 仁 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 助教)

鳥巢 健二 (労働者健康安全機構 九州労災病院 中央放射線部長)

瀬下 幸彦 (株式会社千代田テクノル アイソトープメディカル営業課 社員)

研究要旨

全国の放射線業務従事者に対する放射線管理状況に関する詳細調査を実施した。調査期間は2021年9月14日から2022年2月9日までである。調査票配布施設数、回答施設数はそれぞれ22と12で回収率は55%であった。防護研修は、従事者や職員が身に着けるべき放射線に関する基礎知識が主体となっていた。水晶体の等価線量限度の引き下げに伴って、従来のIVR件数を実施できるようにするためには、今後、より具体的防護方策を取り入れていくこととそのための時間を割けるようにすることが課題であることが分かった。個人線量計の着用では、医療機関全体で着用を促している施設が33%と多くはなかった。また、タイムアウトや防護研修を活用した方策等、医療機関全体で着用を促すシステムの導入が必要である。稀に放射線診療の介助に就く看護師や放射線診療を実施する医師、放射線診療の術者ではなくサポートに入る医師ならびに防護衝立の後ろでほとんど被ばくしない看護師等について合理的な管理方法の検討が必要であった。

A 研究目的

現在、Interventional radiology (IVR) が新たな治療分野として広く利用されている¹⁾。³⁾ 冠動脈狭窄または閉塞疾患の治療である経皮的冠動脈形成術 (Percutaneous coronary intervention, PCI) や内視鏡的逆行性胆管膵管造影 Endoscopic retrograde

cholangiopancreatography, ERCP) 検査又は治療はその一つである。前者は血管性 IVR (Vascular-IVR), 後者は非血管性 IVR (Non Vascular-IVR) と呼ばれる。IVR に携わる術者である医師や看護師等の医療従事者(放射線業務従事者、以下、従事者)の被ばく線量が多いことが知られている⁴⁻⁶⁾。

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 20mSv/年を超えず、いかなる 1 年間においても 50mSv 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た(ソウル声明)⁷⁾ならびに Pub. 118⁸⁾に基づいて、電離放射線障害防止規則(以下、電離則)が改正され、2021 年 4 月 1 日に施行された⁹⁾。わが国における従前の水晶体の等価線量限度は 150mSv/年であり、1 年平均と比較して約 7 分の 1 にまで引き下げられた。

今回の法改正を契機に、従事者の水晶体を中心とした職業被ばくを低減し水晶体の新等価線量限度を遵守するためには、個人線量計を 100%適切に着用させる方策を講じた上で、被ばく低減方策に従事者に啓発し的確に実施させることならびに線量限度を超えないための措置の実施等を含めた放射線管理体制の充実が求められた。

本研究では、令和 2 年度において、基本的な放射線管理状況、放射線防護に関する研修ならびに個人線量計の配備および着用状況等、放射線管理全般について明らかにするとともに医師を中心とした医療従事者の水晶体の新等価線量限度を遵守するために必要な放射線管理、放射線防護研修ならびに個人線量計の配布・着用に関する方策を導出した。

令和 3 年度は、先進的に医療従事者の職業被ばく管理に取り組んでいる医療機関を選択し、詳細な放射線管理状況についても調査した(以下、詳細調査)。本研究の目的は、先進的に職業被ばく管理に取り組んでいる医療機関の例を示すことで、全国の医療機関が職業被ばく管理の質の向上を目指すことにある。

B 研究方法

1. 調査方法

調査票の配布、回収方法については、医療機関に調査票を電子メールに添付し配信した。また、この調査のために作成した専用の回収サイトに送信する方式で回答を得た。

調査期間は 2021 年 9 月 14 日から 2022 年 2 月 9 日までである。

調査対象は先進的に職業被ばく管理に取り組んでいる医療機関として、労災病院から 5 施設、千葉市内の医療機関から 16 施設、これら以外の施設から 1 施設の合計 22 施設である。

2. 倫理的配慮

本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号 PAZ21-25)。

C 研究結果

1. 回答率

調査票配布施設数，回答施設数はそれぞれ 22 と 12 で回収率は 55%であった．

設問 1 令和 3 年度に職業被ばくの防護に関する研修を実施しましたか？令和 2 年度にまだ実施していない場合は令和元年度に実施したかをご回答ください。

① 令和 3 年度に実施した。(7) ② 令和 3 年度はまだ実施していないが令和 2 年度に実施した。(4) ③ 実施していない。(1)

2. 防護研修

設問 2 上記設問 1 において、「① 令和 3 年度に実施した。」または 「② 令和 3 年度はまだ実施していないが令和 2 年度に実施した。」と回答された施設の方へ。実施した研修の詳細を下記の項目に沿ってご回答ください。複数回実施している場合は項目をコピーして続けてご記入ください。

1) 主催組織（例：放射線安全委員会）：

- ① 放射線部運営委員会
- ② 被ばく管理委員会
- ③ 実施していない
- ④ 医療安全委員会
- ⑤ 放射線科
- ⑥ 放射線安全委員会
- ⑦ 医療安全推進委員会
- ⑧ 放射線防護委員会
- ⑨ R2 年度実施のため未回答
- ⑩ 医療放射線安全管理委員会
- ⑪ 放射線安全委員会
- ⑫ 放射性同位元素委員会

2) 研修方法（複数回答可）（有効回答 11，未回答 1）

- ① 座学 (4) ② 実地研修 (X 線診療室等) ③ e-learning (5) ④ 資料配布
- (5) ⑤ 外部講習 ⑥ 伝達講習 ⑦ その他

3) 研修時間をご回答ください。また、医療安全等の研修と一緒に開催している場合は防護に関する時間をご回答ください。）

0.5 時間 (6), 1.0 時間 (2), 2.5 時間 (1), 資料配布 (1), 未回答 (1), 実施していない (1)

4) 研修全体ならびに各講演のタイトルと講師の職種等

- ① 放射線被ばくの基礎 (診療放射線技師), ポケット線量計の着用について (診療放射線技師), 手術室放射線防護研修会 (診療放射線技師)
- ② 放射線を安全に利用するためには (診療放射線技師)
- ③ 実施していない
- ④ 医療と被ばく (放射線科医)
- ⑤ 放射線安全管理のための指針 (診療放射線技師)
- ⑥ 令和 3 年度医療安全研修会、第 48 回放射線安全教育訓練, 医療法施行規則を一部改正する省令に基づいた放射線科での取り組み～C T、R I について～ (診療放射線技師), ガンマナイフ治療のリスクマネジメント、令和の医療法改正に伴い知ってほしい 3 つのポイント (医師)
- ⑦ 診療用放射線の安全利用のための研修会 (医師, JRS 動画)
- ⑧ 医療従事者として知っておくべき放射線防護の知識 (未記入)
- ⑨ 未回答
- ⑩ 診療用放射線の安全利用のための研修 (診療放射線技師)
- ⑪ 診療用放射線の安全利用のために (診療放射線技師)
- ⑫ 2021 年度放射線業務従事者に対する教育訓練, 放射線障害防止に関する法令・予防規程 (RT), RI 等の安全取扱・放射線基礎と被曝 (診療放射線技師), RI 等の安全取扱 I (診療放射線技師), RI 等の安全取扱 II (診療放射線技師), RI 等の安全取扱 III (診療放射線技師)

5) 対象者 (例: 循環器内科医と PCI に従事する看護師)

- ① 新規採用医師、技師, 循環器、透視検査に従事する看護師, 手術室看護師
- ② 新規に管理区域内に立ち入る看護師
- ③ 実施していない
- ④ 院内に在籍している職員すべて
- ⑤ 循環器内科医とカテ室に従事する看護師、ME、検査技師
- ⑥ 放射線業務に従事する全てのメディカルスタッフ, 放射線検査室に出入りする医療助手等
- ⑦ 放射線業務従事者全員
- ⑧ ルミネスバッジ配布者
- ⑨ 医師全員, OPE 室、血管撮影室で業務する病棟看護師と放射線科看護師, 診療放射線技師全員

- ⑩ 放射線診療に従事する者【医師 診療放射線技師 看護師 薬剤師】
- ⑪ 全職員
- ⑫ 個人線量計新規申請者，個人線量計申請者

職員全員（2），従事者全員（6），一部あるいは新規従事者（3），実施していない（1）

6）内容で該当するものを選択してください（複数回答可）。（有効回答 11，無回答 1）

- ① 職業被ばく線量を低減するための具体的な方策（6）
- ② 実際に線量を測定する（0）
- ③ 線量分布図を用いた線量低減方法（3）
- ④ 作業時間を低減するためのトレーニング（2）
- ⑤ 職業被ばくを測定するための放射線測定器の着用位置・方法（7）
- ⑥ プロテクターの使用方法（6）
- ⑦ 防護眼鏡および天吊り型の防護板の使用方法（6）
- ⑧ 必要がなければパルス透視レートを下げる、患者を受像器に近づけるあるいは適度に照射野を絞る等の技術的方策（2）
- ⑨ 放射線の人体影響（10）
- ⑩ 代表的 IVR あるいは IVR 種別による標準的な職業被ばく線量（7）
- ⑪ 放射線防護関係法令（7）
- ⑫ その他（0）

3. 放射線測定器（個人線量計）の着用と管理

設問 3 放射線測定器の着用を促している状況について回答ください。

① 医療機関全体で放射線測定器の着用を促している（4）。 ② 所属する部署内で着用を促している（1）。 ③ 診療放射線技師が着用を促している（6）。 ④ 各個人の判断で着用を促している（0）。 ⑤ 着用を促す環境はない（1）。 ⑥ その他（0）

設問 5 上記設問 4 で、① 医療機関全体で放射線測定器の着用を促している。 ② 所属する部署単位で着用を促している。 ③ 放射線部門を中心に着用を促している。 ④ 各個人の判断で着用を促している。をご回答いただいた方へ。どのように促しているか、具体的にご教示ください。

- ① 院内電子掲示板にて周知，放射線管理区域の担当技師による口頭指示
- ② 各部署に担当者を配置し、放射線業務に従事する方へ着用を促している
- ③ 非該当
- ④ 各部署に口頭にて促している。
- ⑤ 無回答

- ⑥ 掲示物による促し、個人に対する指導
 - ⑦ 部署担当技師から個々に指導・指摘、測定器着用に関するポスターの掲示
 - ⑧ ポスターの掲示や検査の合間に促している。
 - ⑨ 脳神経外科はタイムアウトに個人線量計着用を取り入れている、診療放射線技師が可能な範囲で医師に声かけしている
 - ⑩ 放射線被ばく測定用ガラスバッジ申請書の活用
 - ⑪ 検査室扉など見えるところにポスターの掲示、月ごとの線量計交換の推進
 - ⑫ 教育訓練の講義、新規従事者手続きについての院内メールでのお知らせ、口頭
- 掲示物（5）、口頭・声かけ（7）、タイムアウト（1）、個人線量計申請書活用（1）、線量計交換時（1）、メール（1）、研修時（1）

設問6 放射線測定器の着用率を向上させるために実施してる方策がありましたらご教示ください。「医療機関における放射線業務従事者に対する放射線管理に関する調査」にご回答いただいた内容であってもご記入ください。

- ① 健康相談室より測定器未返却者への通知
- ② 各部署の担当者に着用を促していただく
- ③ 非該当
- ④ 着用していない本人に口頭にて注意喚起を行っている。
- ⑤ 始業時お互いに確認、啓発をする
- ⑥ 日頃よりコミュニケーションを図り、様々な相談ができる関係性を構築しておく。
- ⑦ 測定器着用に関するポスターの掲示、線量測定結果の掲示
- ⑧ 講習会での啓蒙、ポスター掲示
- ⑨ 一部診療科はタイムアウトに個人線量計の着用をとりいれている、診療放射線技師が可能な範囲で医師に声かけしている
- ⑩ 血管造影室、TV室の現場での着用の声掛け
- ⑪ 検査室扉など見えるところにポスターの掲示
- ⑫ 臨床現場で直接医師に伝えている

設問7 放射線業務従事者が線量限度を超えないようにするために講じている方策がありましたらご教示ください。「医療機関における放射線業務従事者に対する放射線管理に関する調査」にご回答いただいた内容であってもご記入ください。

- ① 法令限度および院内安全基準線量の超過のおそれ等に対して文書通知
- ② 被ばく管理委員会を設置し、毎月測定結果の確認をしている、線量が多い方へは個人へ報告し、原因を考え対策を講ずる
- ③ 文章等による注意喚起
- ④ 線量限度を超えそうな方に対し口頭にて注意喚起を行っている。

- ⑤ 配置換え、ローテーション
- ⑥ 数値をモニタリングし、適正な数値化を明白化する。(装着・手技・装置等の起因等)
- ⑦ 測定器着用に関するポスターの掲示、線量測定結果の掲示
- ⑧ 超える前に口頭と紙面で通知する
- ⑨ 1 か月の実効線量または眼の水晶体等価線量が 1.5mSv を超えた場合、本人と所属長宛てに文書 で注意喚起を行います。2 か月連続で実効線量または眼の水晶体等価線量が 1.5mSv を超えた場合、電離放射線障害防止規則に基づく健康診断を受診する。3 か月連続で実効線量 または眼の水晶体等価線量 が 1.5mSv を超えた場合、放射線安全委員会に参加していただき、本人および所属長同席の上、今後の業務内容を検討する。
- ⑩ 防護眼鏡および天吊り型の防護板の使用推進、パルス透視レートを下げる、患者を受像器に近づける、適度に照射野を絞る等の技術的方策、毎月の個人線量報告書の確認
- ⑪ 線量が比較的高値だった医師に個別に注意喚起資料を配布、検査室の背空間線量分布を見える位置に掲示、防護板の位置を技師が積極的に調整、水晶体防護眼鏡、パノラマシールドを担当者全員が使えるように準備
- ⑫ 防護板の使用、防護眼鏡の使用、術者への透視 OFF の呼びかけ、スタッフへの立ち位置の指導、管理目標値（患者被ばく線量）での管理、撮影・透視プロトコルの適正使用

設問 8 水晶体専用の放射線測定器の配布・着用基準はどのように設定されていますか？

- ① 昨年度の水晶体の等価線量が (20) mGy を超えていた場合 (2)
- ② 当該年度の水晶体の等価線量が (20) mGy を超えた場合 (1)

③ 上記①と②以外で当該年度の水晶体の等価線量が (20) mGy を超えるおそれがあると判断した場合 (1)

- ④ 線量に関係なく部署、担当業務で選定 (1)
- ⑤ 水晶体専用の放射線測定器の配布・着用基準はない (5)
- ⑥ その他 (2)

(3 か月連続で 1.5 mSv を超えた場合)

(昨年度の水晶体の等価線量が (20) mGy を超えていた場合でなおかつ当該年度の水晶体の等価線量が (7) mGy を超えた場合)

設問 9 放射線業務従事者の職業被ばくを低減するために実施していることをご教示ください (複数回答可)。

- ① IVR を実施する医師が主導している。(2)
- ② IVR を担当する診療放射線技師が主導している。(10)

- ③ IVR 実施中に適宜アドバイスあるいは指導してる。(11)
- ④ X 線診療室の室内あるいは周辺に線量分布図を掲示している。(2)
- ⑤ X 線診療室内の床に線量のラインを記している。(0)
- ⑥ ポケット線量計やリアルタイム線量計も追加着用し IVR の都度あるいは 1 日ごとの線量が分かるようにしている。(1)
- ⑦ その他 (IAEA の従事者・患者防護の要点：10 を掲示している (1))

設問 10 管理区域内で放射線被ばくする可能性のある作業を行う職員等を放射線業務従事者として登録、管理していない職員等がいましたら、どのような作業を行うどのような職種かをご回答ください。例えば、X 線透視を伴う骨折整復や小児の腸重積の治療を行う場合に稀に X 線診療室内に立ち入る看護師、X 線診療室内に防護衝立を設置しほとんど被ばくしない看護師、たまに管理区域内で被ばくする可能性のある医療行為を行う医師とかです。

- ① 管理区域内で介助に入る看護師(救急対応等のみで立ち入る者)、血管撮影室で防護衝立越しに記録する看護師(放射線部所属寝ない看護師)
- ② 検査の介助で一時的に管理区域内に立ち入る看護師、たまに管理区域内で被ばくする可能性のある医療行為を行う医師
- ③ 時間外に緊急のアンギオ検査を行う際に介助にあたる看護師
- ④ 管理区域内で放射線被ばくする可能性のある作業を行う職員は全員放射線業務従事者として登録しています。管理区域内に立ちいる職員は、すべて登録・管理を行っています。
- ⑤ 該当なし
- ⑥ 必ず一時立入者用の線量モニタリングバッジを装着させる。
- ⑦ 稀に X 線 T V 室や血管撮影室に立ち入る看護師 (当直帯の病棟患者の場合は病棟看護師がつき、救急患者の場合は救急看護師が担当するケース)、稀に X 線 T V 室や血管撮影室に立ち入る医師
- ⑧ 未回答
- ⑨ 防護衝立を設置しほとんど被ばくしない血管撮影室従事する病棟看護師
- ⑩ 急患室勤務の看護師：夜間緊急時の D S A 検査時人員配置上の観点から可能性アリ , たまに管理区域内で被ばくする可能性のある医療行為を行う医師
- ⑪ 透視下内視鏡などで患者介助を行うために入室する病棟看護師
- ⑫ 手技を行わない研修医、研修等で一時的に立ち入る看護師

常時ではない放射線診療の介助に就く看護師 (6)、常時ではない放射線診療を実施する医師 (3)、放射線診療の術者ではなくサポートに入る医師 (1)、防護衝立の後ろでほとんど被ばくしない看護師 (2)、研修時のみの看護師 (1)

4. その他

設問 11 IVR 専門技師（略称）はいますか？いる場合は人数をご回答ください。

① いる (11) ② いない (1)

1 人 (5), 2 人 (4), 3 人 (1), 7 人 (1)

D 考察

1. 防護研修

防護研修を 2020 年度あるいは 2021 年度に実施した医療機関は 12 施設中 11 施設で実施率は 92%であった。

アンケート調査設問 3 の回答を見ると、従事者の職業被ばくを低減するための防護研修は、放射線部門運営組織、医療安全を主体とする組織あるいは放射線管理に関する組織など、医療機関の状況に応じた組織が主催していることが分かった。電離則では IVR 等に使用する X 線装置に係る従事者への教育訓練（研修）は義務付けていない。しかし、従事者の安全管理や職業被ばく低減のために防護研修が必要であり、医療機関の事情や状況に応じて実施することが合理的である。医療放射線を利用した患者の被ばく（医療被ばく）については改正医療法施行規則において研修を義務付けている¹⁰⁾。したがって、この医療被ばくの研修と合わせて実施する方法もある。

防護研修の実施時間は、時間で回答した 9 施設の平均時間、標準偏差ならびに中央値は、それぞれ 0.83 時間、0.66 時間ならびに 0.5 時間であった。医療機関では医療安全などのために多くの研修が開催されており、限られた時間で開催しているものと推察する。

防護研修の講師は診療放射線技師が多かった。放射線防護の具体的な方法については診療放射線技師が専門としている分野と考えられるため、診療放射線技師の積極的な活用や関与が期待されている。

防護研修の内容は、放射線の人体影響が 10 施設と最も多く、次いで、職業被ばくを測定するための放射線測定器の着用位置・方法、代表的 IVR あるいは IVR 種別による標準的な職業被ばく線量ならびに放射線防護関係法令が 7 施設と多かった。これらの内容は、従事者や職員が身に着けるべき放射線に関する基礎知識と考えられ、そこが基本になっているものと推察する。一方、具体的な防護方法については、職業被ばく線量を低減するための具体的な方策、プロテクターの使用方法および防護眼鏡および天吊り型の防護板の使用方法が 6 施設と比較的多かったが、線量分布図を用いた線量低減方法、作業時間を低減するためのトレーニングならびに必要ななければパルス透視レートを下げる、患者を受像器に近づけるあるいは適度に照射野を絞る等の技術的方策が、それぞれ 3 施設、2 施設、2 施設と少なかった。対象者にもよるが、限られた時間の中でおおまかな基礎知識中心の研修にせざるを得ない状況にあると推察する。今後は、より具体的な防護研修の実施が次の課題と考えられる。特に、水晶体の等価線量限度の引き下げに伴って、従来の IVR 件数を実施できるようにするためには、防護を的確に実施することが求められている¹¹⁾。

3. 放射線測定器（個人線量計）の着用

個人線量計の着用（設問4）では、医療機関全体で着用を促している施設が4施設（33%）と多くはなかった。なお、回答で複数の方策で着用を促している場合は、医療機関全体で着用を促している回答としている。それでも4施設であり、診療放射線技師による着用の促しが主体（6施設）となっている。また、着用を促す方法（設問5）も、掲示物が5施設、口頭や声かけが7施設と主体となっている。タイムアウトの活用や防護研修を活用した方策などの回答があり、このような医療機関全体で着用を促すシステムの導入が必要である。

4. 従事者としての管理、登録ができていない職員等

管理区域内で放射線被ばくする可能性のある作業を行う職員等を従事者として登録、管理していない職員等について尋ねた質問9では、常時ではない放射線診療の介助に就く看護師が6施設、常時ではない放射線診療を実施する医師が3施設、放射線診療の術者ではなくサポートに入る医師が1施設、防護衝立の後ろでほとんど被ばくしない看護師が2施設、研修時のみの看護師が1施設であった。医療機関では、稀にしか放射線診療に従事しない医師や看護師に従事者としての管理が課題と考えられる。研修時のみ管理区域に立ち入る職員は一時立入者としての管理として問題がないと考えられるが、稀に放射線診療に従事する職員に個人線量計を配布して電離放射線に関する健康診断を行うことは医療機関にとって財政的、マンパワー的に大きな課題である。法令としてどこまで管理を求めるのか、あるいは合理的な管理方法の検討が必要と考える。

E 結論

防護研修は、従事者や職員が身に着けるべき放射線に関する基礎知識が主体となっていた。水晶体の等価線量限度の引き下げに伴って、従来のIVR件数を実施できるようにするためには、今後、より具体的防護方策を取り入れていくこととそのための時間を割けるようにすることが課題であることが分かった。

個人線量計の着用では、医療機関全体で着用を促している施設が33%と多くはなかった。また、タイムアウトや防護研修を活用した方策等、医療機関全体で着用を促すシステムの導入が必要である。

稀に放射線診療の介助に就く看護師や放射線診療を実施する医師、放射線診療の術者ではなくサポートに入る医師ならびに防護衝立の後ろでほとんど被ばくしない看護師等について合理的な管理方法の検討が必要であった。

これらの知見が、医療機関における職業被ばく管理の質の向上に貢献することを期待する。

F 謝辞

本研究にご協力いただいた医療機関の皆様に心より感謝申し上げます。

なお、本研究は令和3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 眞（近畿大学教授））の研究活動の一環として行った。

G 利益相反

本研究に利益相反はありません。

H 参考文献

- 1) 中村仁信, 富樫厚彦, 諸澄邦彦. IVRの臨床と放射線防護. 医療科学社 2004. 東京
- 2) 医療放射線防護連絡協議会. IVRに伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン—Q&Aと解説—、ブックレット・シリーズ3 2004.
- 3) ICRP Pub. 117・日本アイソトープ協会訳. 画像診断部門以外で行われるX線透視ガイド下手法における放射線防護. 日本アイソトープ協会 2010. 東京
- 4) 黒田正子, 原 知里, 後藤理恵. 放射線科看護師が行うリスクマネジメント A to Z. ラナリス 2006;4;2-5.
- 5) 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) http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2011_nagai_rad_h.pdf. Accessed 2020.03.09
- 6) 竹中完, 他. ERCP (内視鏡的逆行性胆管膵管造影) における水晶体被ばくの現状. 日消誌 2019;116:1053-1055.
- 7) ICRP Pub. 118・日本アイソトープ協会訳. 組織反応に関するICRP声明／正常な組織・臓器における放射線の早期影響と晩発影響—放射線防護の視点から見た組織反応のしきい線量— <https://www.jrias.or.jp/books/cat/sub1-01/101-14.html>. Accessed 2020.03.09”
<https://www.jrias.or.jp/books/cat/sub1-01/101-14.html>. Accessed 2020.03.09
- 8) 日本保健物理学会. 水晶体の線量限度に関する専門研究会報告書. 2018 <http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/news/page.cgi?id=97> Accessed 2021.01.18
- 9) 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令. 令和2年4月1日厚生労働省令 第八十二号.
- 10) 医療法施行規則の一部を改正する省令. 平成31年3月11日厚生労働省令 第21号
- 11) 水晶体の線量限度引き下げに関する検討会. 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会の報告書 https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_06824.html. Accessed 2020.03.09

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書3
医療機関における放射線業務従事者に対する放射線管理に関する調査研究
(WEB 会議による詳細調査報告)

研究分担者

渡邊 浩 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授)

研究協力者

坂本 肇 (順天堂大学 保健医療学部診療放射線学科 教授)

山本 和幸 (東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師)

今尾 仁 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 助教)

鳥巢 健二 (労働者健康安全機構 九州労災病院 中央放射線部長)

瀬下 幸彦 (株式会社千代田テクノル アイソトープメディカル営業課 社員)

A 詳細調査の目的

2020年度の「医療機関における放射線業務従事者に対する放射線管理に関する調査」を行った結果、放射線線量管理に対して調査した施設間で管理方法の違いが生じていた。そこで、放射線線量管理が良好であった施設を選択し、放射線管理方法について詳細調査を実施して報告する。

B 詳細調査の方法

B-1. 詳細調査を実施した対象施設

詳細調査は5施設を対象とし、簡単な特徴を以下に示す。

1) A 病院

比較的新しい病院にて、病院立ち上げ時より放射線線量管理のシステムが確り構築されている。被ばく線量が高い従事者への連絡方法が確立されている。

2) B 病院

放射線管理方法が特徴的な施設である。

3) C 病院

医師の人数が少なく、現場の診療放射線技師の関与が大きく放射線線量管理が整備され

ている。

4) D 病院

医療監視、規制庁の定期検査、立入検査の結果を受け、病院全体の管理が再構築されている。

5) D 病院

中規模病院にて、医師や診療放射線技師の従事者数が限定されており、放射線部として放射線線量管理を実施している。

B-2. 詳細調査の方法

詳細調査は WEB 会議にて Zoom を用いて行った。会議参加者は、各施設の放射線管理者として技師長（部長、副部長）と放射線管理が重要となる血管撮影装置、X 線透視装置を担当している現場の診療放射線技師、企画側として研究代表者、研究分担者、研究協力者である。WEB 会議は 1 回目を A 病院、B 病院、C 病院、2 回目を D 病院、E 病院と 2 回行った。

調査内容は、以下の通りである。

1) 個人線量計の着用率を向上させるための方策について

- ・管理者として、従事者へ配布する個人線量計の状況
- ・現場の状況として、従事者に配布された個人線量計を着用させるための工夫
- ・測定結果の報告と管理

2) 水晶体専用線量計の着用状況の確認

3) 個人被ばく線量を低減させる方策について

- ・現場での工夫
- ・放射線防護教育について

B-3. 倫理的配慮

本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 PAZ21-25）。

C 詳細調査の結果

C-1. 個人線量計の着用率を向上させるための方策について

C-1-1. 従事者へ配布する個人線量計の状況

各施設での個人線量計の配布状況については以下の通りである。

1) A 病院

医師には全員に不均等被ばく対応を行うために 2 個の線量計を配布し、現在 300 名の医師が保有している。また、看護師は X 線業務従事者のみ配付しているが不均等被ばく対応を行っている。

2) B 病院

申請した職員に対して配布し、特定の診療科に関しては指定して配布する。血管撮影室・X線透視室で診療を行う医師は放射線部指定で配布し、特に、血管撮影室では個人線量計の配布と管理を行っている。看護師はX線業務に関わる部門（放射線部、内視鏡室、手術室）に指定配布する。

申請はマニュアルを作成し、簡単に申請できる方式を採用し、診療放射線技師は全員が申請への質問等に対応できる体制を構築し、管理者個人の負担とならないように中央放射線部として管理している。

3) C 病院

医師には全員へ不均等被ばく対応として2個の線量計を配布している。看護師、MEは均等被ばく対応として1個の線量計を配布している。

4) D 病院

放射線業務での医療法とRI規制法を考慮した従事者業務を分かりやすい表(添付資料1)にて「業務」、「対象」、「場所」から8区分に分類し個人線量計を配布する目安としている。また、同一区分においても、業務状況に応じて均等被ばく（個人線量計1個）、不均等被ばく（個人線量計2個）を判断している。現状にて、医療法区分は700名程度・RI規制法区分は100名程度に線量計を配布している。

医師・看護師等は基本的に部署申請制としており、医師については現場の診療放射線技師がチェックを行い、未着用の場合は申請を促がしている。

5) E 病院

放射線業務を行う場合は、医師・看護師は基本的に全員不均等被ばくに対応した個人線量計を2個配布している。

院内労働衛生委員会が主導して従事者認定を行い、現状にて200個程度の配布がある。

C-1-2. 従事者に配布された個人線量計を着用させるための工夫について

1) A 病院

血管撮影室・X線透視室での医師の個人線量計着用率は60%程度であり、手術室の着用率は調査中である。院長の指示（トップダウン）で着用率の調査を実施しているが、医師とのトラブル発生が懸念されたため、調査前の準備として院内掲示板に着用調査実施に関する掲示を行い周知後に実施している。また、未着用者には注意喚起を行っている。

着用率の調査結果は、衛生委員会および院内診療部長会に報告予定である。

2) B 病院

血管撮影室・X線透視室には個人線量計の保管場所を設置し、診療時はその場所から個人線量計を着用する仕組みを構築している。この方法により、線量計の未持参、未着用を防止している。

3) C 病院

血管撮影室の着用率は 70～80%程度であり、手術室の着用率は未確認である。

4) D 病院

放射線部では、各現場の放射線技師が未着用に注意喚起し、着用率は高い。

手術室では、業務従事者区分を用いて従事者登録していることから、看護部門に関しては各部門長がしっかりと管理しているが、各診療科の医師の着用率に関しては不明瞭な状況である。しかし、Hybrid-OR に関しては診療放射線技師が介入しているため着用率は高いが、外科用透視装置を使用している医師の着用率は実態が不明である。なお、心臓外科の手技（TEVER、EVER、TAVI）時は防護衝立を使用しているが個人線量は高い状況である。

5) E 病院

上級医師の意識改革が着用率向上に最も効果的と考え、線量計着用率向上のために各診療科の施行医に対しカンファレンス等で着用の重要性について報告している。

現状での各診療科の着用率は不明瞭のため、シークレットサーベイを実施し着用率を調査し、改善する予定である。

C-1-3. 測定結果の報告と管理状況について

1) A 病院

院内の衛生委員会および診療部長会に測定結果を報告している。

2) B 病院

放射線部の技師全員が高い意識にて、管理者と同様な対応を行っている。

3) C 病院

個人線量が上限に達した医師への対応が難しく、線量に対して指摘すると線量計を外して業務を行うことがあるので、対応に苦慮している。

4) D 病院

放射線管理委員会が月 1 回開催され、個人被ばく線量が高い結果の従事者は、放射線取扱主任者（診療放射線技師長が放射線取扱主任者）へ報告がある。また、放射性同位元素委員会は年 4 回開催され、線量結果報告や線量計・防護機材等の購入・導入が報告されている。

5) D 病院

医療法（医療被ばく）は医療放射線管理委員会、RI 規制法は放射線安全委員会、電離則（職業被ばく）は労働安全衛生委員会と管理体制を区分けしているが、全体のトップを副病院長が務めトップダウンで管理しているため、放射線管理は出来ている。

C-2. 水晶体専用線量計の着用状況について

1) A 病院

水晶体線量計の配付に関しては費用の面で問題があり、現状では水晶体専用個人線量計は線量の高い医師 14 名に配布し、20 名までの予算を確保している。今後はマネジメントシステムを活用し点数化による配付を検討し、年間線量限度を超える可能性がある場合は配付する。

2) B 病院

水晶体線量計は導入していない。

3) C 病院

水晶体線量計は導入していない。

4) D 病院

水晶体専用線量計は線量限度の年間 20mSv を超える可能性がある従事者に配付する。防護メガネ外側で管理すると線量限度を超える恐れがある従事者として、配付対象者は頸部線量（プロテクタ外側の線量）が 7mSv 程度を選定の目安としている。

防護メガネを院内で多数購入し、共有のものもあれば個人使用のものもあり、個人所有の場合はメガネの管理が行き届いている。診療放射線技師も個人所有があり、感染飛散防止対策としても役立っている。なお、診療科から水晶体専用線量計を付けることにより手技に影響があるという意見はない。

5) D 病院

水晶体専用線量計は線量限度を超える可能性がある従事者に配付する。配付の基準は、1 ヶ月 1.5mSv を 3 ヶ月連続で超えた場合に対象者として選定する。水晶体専用線量計を付けても手技に影響があるという意見はない。

C-3. 個人被ばく線量を低減させる方策について

C-3-1. 現場での工夫

1) A 病院

血管撮影装置では、検査時の線量を低レート設定にしている。また、血管撮影装置での防護板の活用率はやや低めであるが、X 線透視室での防護クロスは使用している。

上級医師の積極的な介入があると被ばく低減には有効である。

2) B 病院

血管撮影装置での防護板の使用率は高く、X 線透視室での防護クロスの使用率も高い。防護用具の効果をデータで示すことにより、医師の防護用具使用率が高くなる。

また、積極的な技師の介入と助言がしやすい環境の整備が重要となる。

なお、学会や研究会活動による影響により、放射線防護に関する地域差があるかもしれない。

3) C 病院

放射線技師の熱意で防護板の使用率を向上させている。防護板の使用率向上の工夫として、防護板に線量分布図を小さく掲示し防護効果を示している。

学会などによるガイドラインは衛生委員会（病院長・執行部）に影響があり、放射線防護の推進に役立つ。

4) D 病院

防護板や防護クロスの使用は必須であり、上級医師が積極的に使用すると全体への波及効果大きい。また、学会主導のガイドラインがでると衛生委員会（病院長・執行部）に影響があり、学会にて放射線防護の重要性を啓蒙すると医師への意識効果大きい。

5) E 病院

防護板や防護クロスの使用は必須であり、診療放射線技師による防護効果の実証を行っている。

コミュニケーション、良い雰囲気作りにて、医師とメディカルスタッフの良好な関係を築き、チーム力で被ばく線量低減に臨んでいる。また、医師の学会に診療放射線技師も参加すると信頼関係が生まれ、アドバイスを行うことが容易となる。

C-3-2. 放射線教育について

1) A 病院

放射線防護マネジメントシステムを導入し、登録している従事者は年 1 回の研修受講は必須となっている。手術室看護師に向けて講習を年数回実施し、医療従事者の中途採用時でも必ず教育訓練を実施している。

2) B 病院

医療安全講習の内容に盛り込み、放射線教育について e-learning を実施している。

3) C 病院

年 1 回講習会を実施し受講は必須としているが、受講している者とそうでない者の放射線防護意識に差が大きい。

4) D 病院

業務従事者登録の際に研修を実施している。また、医学生に対するガイダンスや新入職員に対するガイダンスで教育訓練を実施している。医療法上の研修には、従事者被ばく研修は含まれていないので、従事者被ばく教育は、従事前の研修会でのみ取り扱っている。また、従事者被ばく研修が医療法で義務化されると、現場での管理作業が難しくなる。なお、自主点検において管理不備が散見される施設に対し、行政側が立入り調査を実施するなど厳しく取り締まる姿勢で対応することにより、放射線教育は充実すると思われる。

5) E 病院

各科のカンファレンスでの研修依頼はあるが、定期的な研修は実施していない。

医師や看護師には、法体系の整備や学会ガイドラインにより従事者被ばく研修の必要性

を理解してもらいたい。

D 詳細調査の考察

D-1. 個人線量計の着用率を向上させるための方策について

医療現場で個人線量計の着用率を向上させるためには、診療放射線を利用する従事者に対し確実に個人線量計を配布すること、また、配布された個人線量計に従事者が必ず着用することが重要である。放射線線量管理が良好である施設の状況について考察する。

D-1-1. 従事者へ配布する個人線量計の状況

詳細に聞き取りを行った 5 施設で共通している点として、全ての施設において従事者への個人線量計の配布が行き届いていた。個人線量計の配布に関して、病院としてのルール、システムが整っており病院管理者の理解が得られていると考えられる。

A 病院、C 病院では医師には全員に不均等被ばく対応にて 2 個の線量計を配布し、B 病院では放射線従事者への申請者と指定診療科医師に配付、E 病院では放射線業務を行う従事者には基本的に全員不均等被ばく対応として 2 個の線量計を配布し、D 病院では添付資料 1 に沿って業務内容、使用場所により医療法上の放射線従事者と RI 規制法上の放射線従事者に区別し配布線量計の個数、着用部位を示すなどの工夫を行い 800 名程度の放射線管理を行っている点は、良好な管理方法として他の施設への参考になる事例と考えられる。

個人線量計の配布に関しては、RI 規制法での定期検査、医療法での医療監視時に従事者の区分、線量管理についての厳しい指導により、施設の体制が抜本的に改善されたとの意見があり、外部監査での指摘は放射線安全管理の組織的構築に重要であると考えられる。放射線を用いて業務を行う従事者の放射線線量管理の基本となる個人線量計配布の手続き方法は重要であり、病院として組織的に手続きが明確になっている施設は管理が行き届いている。

D-1-2. 従事者に配布された個人線量計を着用させるための工夫

医療現場で個人線量計が従事者へ配布されているが、その線量計を着用せずに業務を行っていた場合には、線量管理ができない。このため、放射線診療中の従事者には個人線量計の着用が必須となり、医療現場での線量計着用率向上が重要となる。

A 病院では血管撮影室・X 線透視室での医師の個人線量計着用率は 60%程度、C 病院では血管撮影室の着用率は 70～80%程度であり、各施設において Hybrid-OR では診療放射線技師が業務を行っていることから従事者の着用率は高いにも関わらず、他の手術室での着用率は不明確となっている。放射線線量管理が行き届いている施設においても、医師の線量計着用率向上は課題である。

着用率向上に向け、A 病院では病院長の指示で着用率調査を実施し結果の報告をするなどの対応を行っている。また、B 病院では血管撮影室・X 線透視室には個人線量計の保管場所を設置し診療時はその場所から個人線量計を着用する、E 病院では上級医師の意識改革によ

り全体の着用率向上を図る取り組みを行っている。個人線量計の配布が十分であるにも関わらず、着用率が低い場合には線量管理が不十分になることから、医師が着用しない理由を意見徴収して現場対応するなど着用率向上のための方策が重要になると考えられる。

D-1-3. 測定結果の報告と管理状況について

個人線量の測定結果が高い従事者に対し、適切な対応を行う管理体制の構築は重要である。このためには、個人線量の測定結果を管理者が把握する必要がある、A 病院では院内の衛生委員会および診療部長会に測定結果を報告し、B 病院では放射線部技師全員が高い意識にて線量管理に対応し、D 病院では放射線管理委員会で個人被ばく線量が高い従事者について放射線取扱主任者へ報告があり、E 病院では労働安全衛生委員会に報告があり副病院長が対応するなど管理体制が確立していた。放射線線量管理が良好である施設は、管理体制が整っていると考えられる。

しかし、個人被ばく線量が線量限度上限に達した医師への対応が難しく、苦慮しているとの意見もあった。被ばく線量が高い傾向にある医師には、線量低減方法の教育や放射線診療の制限など組織的な対応が重要になると考えられる。

D-2. 水晶体専用線量計の装着状況について

眼の水晶体線量限度は、2021 年 4 月の電離放射線障害防止規則の一部改正により 150mSv/年から 100mSv/5 年かつ単年で 50mSv を超えないようにと線量限度が大幅に引き下げられた。これに対し各施設の対応はさまざまであったが、A 病院では 20 名分の水晶体専用線量計を準備対応し、B 病院、C 病院では専用線量計が未導入であった。D 病院では防護メガネ着用時の頸部線量（プロテクタ外側の線量）が 7mSv 程度を超えた場合には水晶体専用線量計を防護メガネ内側に装着し管理することが決められており、E 病院では水晶体専用線量計の使用について頸部線量が 1 ヶ月 1.5mSv を 3 ヶ月連続で超えた場合と決められていた。

術者が防護メガネを着用しての手技時、頸部線量で水晶体線量を評価した場合には防護メガネの効果が反映されていないため過大評価となり、水晶体線量限度を超える恐れがある。このため、防護メガネを着用した際には、防護メガネ内側の線量評価を行う必要があることから、水晶体専用線量計での評価が必要になる。水晶体専用線量計を用いた場合には一人で 3 個の線量計を装着することになり、コスト面（経済面）では大変となるが、より正確な水晶体線量を管理することが出来るため、頸部線量による水晶体線量管理から水晶体専用線量計による管理へと移行する線量値に関して D 病院、E 病院の取決めは参考になると考えられる。今後は、頸部線量から防護メガネ内側（水晶体線量）の線量推定評価、頸部線量から水晶体専用線量計による線量管理へと移行する際の頸部線量値の検討などの研究が重要になると考えられる。

D-3. 個人被ばく線量を低減させる方策について

従事者の放射線線量管理では、適切な線量測定により被ばく状況を的確に把握すること、また、被ばく線量を低減させる方策により最適化を図ることが重要である。ここでは、臨床現場での被ばく線量低減方法と放射線教育について考察する。

D-3-1. 臨床現場での工夫について

全ての病院で共通している意見として、検査・治療時の患者への線量低減を実行することにより従事者への被ばく線量低減に努めている点、血管撮影装置では防護板の活用、X線透視装置では防護クロスの使用により従事者の放射線被ばく低減を実施しており、これらの取り組みは他の医療機関においても実施可能であり参考になると考えられる。また、放射線防護において放射線技師が積極的に介入する、上級医師からの低減方法の指導により医師全体への波及に効果的である、学会などの放射線安全管理関連のガイドラインを有効に活用する、術者となる医師と放射線技師との良好な関係を構築しチームにて放射線被ばく線量低減に臨んでいるなどの貴重な意見もあり、多くの医療機関で参考になると考えられる。

D-3-2. 放射線防護教育について

臨床現場では、放射線被ばく低減や放射線防護を実践するために放射線防護教育が重要となる。A 病院では厚生労働省委託事業の労働安全衛生マネジメントシステムを導入して従事者の研修を行っており、B 病院では医療安全講習会の内容に含めて研修を実施、D 病院では従事者登録の際に教育防護訓練を実施、E 病院では各科のカンファレンスを利用して放射線防護教育を実施するなど、各病院で工夫されていた。

放射線防護教育については、医療安全講習の内容に盛り込み、**e-learning** で実施するなどが効果的であると考えられ、放射線被ばく低減の必要性や低減方法を説明したリーフレットを作成し全国の施設へ紹介し普及させるなどの方法も効果的であると考えられ、放射線防護の最適化が図られることが望まれる。

E. 結語

放射線線量管理が的確に行われている施設に対して、**WEB** 会議を利用し各施設の状況を調査し、管理状況や事例対応について報告した。個人被ばく線量についての放射線線量管理に優れた施設では、従事者への個人線量計が適切に配布され、従事者は診療放射線使用時に個人線量計を確実に着用し、線量報告書の確認と被ばく線量が規定より高値の従事者への対応が的確に行われている。また、放射線防護の最適化を図るため、従事者の被ばく線量低減方法を施設内にて放射線防護教育を通して共有し、適正に実施している。本 **WEB** 会議を利用した調査から、**5** 施設の特徴的であり模範的な事例を全国の施設にてご参考にしていただければ放射線線量管理が推進されることが考えられる。

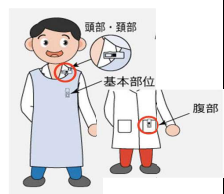
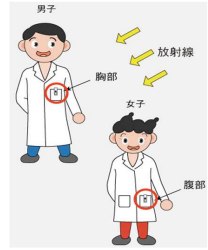
E. 謝辞

WEB 会議での調査にて、貴重なご意見をいただきました施設の皆さまに感謝を申し上げます。

F. 利益相反

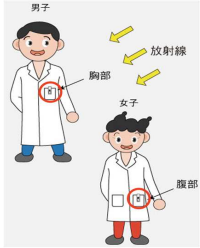
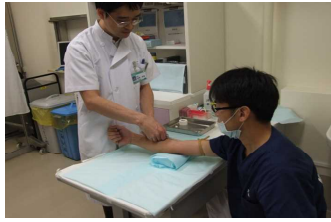
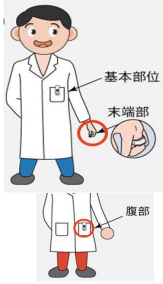
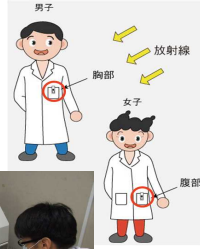
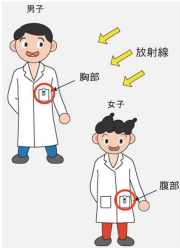
本報告に際し、利益相反はありません。

放射線業務従事者登録の区分について

区分	対象者・場所	医療法上の放射線診療従事者	放射線障害防止法上の放射線業務従事者	個人被ばく線量計の装着
1	ポータブル撮影時に病室で看護業務等を行う者	×	×	撮影時に2m以上離れていれば被ばくの恐れはないので、バッジの装着の必要はない。 
	対象: ICU、各病棟の看護師			
	場所: ICU、病室			
2	一時的に放射線管理区域に立ち入る者	×	×	管理区域に一時的に立ち入る者で放射線業務従事者でないものにあつては、管理区域内における外部被ばくによる線量が100マイクロシーベルトを越えるおそれのない場合には測定を要しない。
	対象: 医師・看護師・学生・その他			
	場所: X線撮影室やX線透視室、その他放射線管理区域			
3	X線透視・撮影中に業務に携わる者	○	×	ケース1) X線検査室内でプロテクターを着て業務するのは年に数回だけである場合 装着部位: 胸または腹部(女性)に1つ装着 ケース2) X線検査室内でプロテクターを着て業務することが月に1回以上ある場合 装着部位: 頸部と胸または腹部(女性)に、2つ装着(不均等被ばく)  
	対象: 医師、放射線技師、看護師、臨床検査技師、臨床工学技士、大学院生等			
	場所: 1) X線撮影室またはCT室。 2) X線透視室、内視鏡室、結石破碎室、OPE室、血管撮影室、腔内照射室などX線透視を行う部屋			
4	歯科撮影に携わる者	○	×	装着部位: 胸部または腹部(女性)に1つ装着  
	対象: 歯科医師			
	場所: 歯科撮影室			

*本参考資料は参考例を示したものです。一部は法令と合致していないものがあります。医療機関あるいは法令ごとに区分は異なりますのでご注意ください。

放射線業務従事者登録の区分について

5	RI治療病室、オンコシード治療病室で看護業務を行う者、インヴィトロ検査に携わる者	○	×	装着部位：胸部または腹部(女性)に1つ装着
	対象：看護師、臨床検査技師			 
	場所：RI病室、オンコシード治療病室、インヴィトロ検査室			
6	核医学検査(PET、RI)に携わる者	○	○	装着部位：胸部または腹部(女性)と手指の2つ装着(不均等被ばく)
	対象：核医学検査(PET、RI)に携わる医師、薬剤師、放射線技師			 
	場所：サイクロترون室、ホットラボ室、PET検査室、RI検査室			
7	放射線治療、密封線源治療、血液照射に携わる者	○	○	装着部位：胸部または腹部(女性)に1つ装着
	対象：放射線治療、密封線源治療を行う医師、放射線技師、血液照射を行う輸血部臨床検査技師			  
	場所：リニアック室、アフターローディング室、血液照射室			
8	区分3と6の両方に該当する者	○	○	装着部位：頸部と胸または腹部(女性)、手指の3つ装着(不均等被ばく)
	対象：X線検査と核医学検査の両方に携わる医師、放射線技師			  

*本参考資料は参考例を示したものです。一部は法令と合致していないものがあります。医療機関あるいは法令ごとに区分は異なりますのでご注意ください。

令和 3 年度 労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書 4
X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究

研究分担者

渡邊 浩 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授)

研究協力者

山本 和幸 (東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師)

A. 研究目的

A-1. 研究背景

医療分野における放射線診療の拡大は、近年、多くのモダリティにおいて増加の一途を辿っている¹⁾²⁾。放射線診療の拡大により多くの利益をもたらす一方で、医療被ばくの増加が懸念されている³⁾⁴⁾。これを受け、2015 年に医療被ばく研究情報ネットワーク (Japan Network for Research and Information on Medical Exposure : J-RIME) により、わが国で初めてとなる診断参考レベル (Diagnosis Reference Level : DRL) が公表され、5 年を経過した 2020 年に改訂された⁵⁾⁶⁾。さらに、診療用放射線に関する安全管理を盛り込んだ、医療法施行規則の一部改正が 2020 年 4 月より施行されている⁷⁾。同時に、放射線診療に介入する放射線業務従事者の職業被ばくの増加も課題となっている⁸⁾。特に、職業被ばくにおける眼の水晶体の等価線量限度について、国際的に見直しが提言されており¹¹⁾、職業被ばく全般に対しても、放射線管理や放射線防護が重要視されている。これを受け、わが国においても電離放射線障害防止規則の一部改正が 2021 年 4 月より施行されている¹³⁾¹⁴⁾。

医療分野における放射線業務従事者被ばく（以下、従事者被ばく）のうち、とりわけ、Interventional Radiology : IVR に代表される X 線透視下手技による従事者被ばく線量が多いことが知られている⁸⁾¹¹⁾。X 線透視下手技施行に当たっては、術者である医師や介助を行う看護師等が、放射線診療室内で業務を行うため、これらの従事者被ばく低減が求められる。従事者被ばく低減策の 1 つとして、放射線診療室内の空間線量分布測定による散乱線分布の可視化が有効とされている。これに加え、放射線防護機材による防護効果を可視化することにより、放射線防護機材の適切な利用を促すことも可能となる¹⁵⁾¹⁶⁾。

従来の空間線量分布測定（以下、従来法）では、電離箱式サーベイメーターを用い、放射線診療室内を 50cm ないし 100cm 単位で測定ポイントとして区切り、測定ポイントごとに線量測定を実施する方法が一般的である。従来法では、測定者に係る時間的ならびに身体的負担が大きく、また、測定に伴う測定者の被ばくが懸念される。従事者被ばく低減策として空間線量分布を用いるためには、測定作業の

煩雑さを解消する必要がある。そこで、磯村らはガラス線量計による空間線量分布測定を報告しており¹⁷⁾、さらに、富田らは、Optically Stimulated Luminescence 線量計（以下、OSL 線量計）をダンボール箱に貼り付け、CT 室における空間線量分布測定方法を報告している¹⁸⁾。また、Nakamura らは、段ボール製円筒形ポールとプラスチック製ジョイントを組み合わせ、放射線診療室内にジャングルジム様に線量計を設置するジャングルジム法（Jangle Gym method : JG 法）を開発した¹⁹⁾⁻²²⁾。JG 法では、水平方向および高さ方向に対して一度に測定が可能になるため、従来法よりも測定者の負担は少なくなるだけでなく、測定者の被ばくも回避できるメリットがある。

A-2. 研究目的

JG 法においては、従来法の課題を解決した一方で、測定機材組み立て作業や片付け作業の煩雑さや、測定ポイントの柔軟な変更が困難といった課題も挙げられる。そこで、われわれは、段ボール製円筒形ポールとプラスチック製ジョイントを組み合わせた複数の測定用ポールを用いた、ポール法（Pole method : PL 法）を開発した。本研究の目的は、簡便性や汎用性のより高い、空間線量分布測定法を開発することで、多くの医療施設において空間線量分布測定が実施され、ひいては、従事者被ばく低減に利用されることである。

A-3. 研究対象概要 : JG 法および PL 法

JG 法（Fig. 1）は、段ボール製円筒形ポールとプラスチック製ジョイントを組み合わせ、放射線診療室内にジャングルジム様に線量計を設置する方法である。

Fig. 1 JG 法概要



PL 法 (Fig. 2) は、段ボール製円筒形ポールとプラスチック製ジョイントを組み合わせた複数の測定用ポールを用い、放射線診療室内に線量計を設置する方法である。

Fig. 2 PL 法概要



B. 研究方法

B-1. 研究協力施設

X 線診療室内における空間線量分布測定作業の実施、および、作業アンケート調査への回答について、ご協力いただける医療施設（以下、研究協力施設）を選定した。研究協力者は各研究協力施設に勤務する診療放射線技師とし、各研究協力施設において 3 名とした、そのうち 1 名を各研究協力施設における研究協力代表者とした。

B-2. 測定方法：空間線量分布測定および作業時間測定

研究協力施設において、IVR の代表手技である、経皮的冠動脈インターベンション（percutaneous coronary intervention : PCI）施行を想定した、血管造影室における標準的な放射線診療状況を再現し、JG 法および PL 法にて空間線量分布測定を実施した。

同一の段ボール製円筒形ポールとプラスチック製ジョイントを組み合わせ両法の測定に用いた。測定位置は血管撮影装置周辺に、水平方向に 100cm 間隔のマス目上とし、両法とも同一測定位置とした。放射線測定器は組み立てたポール上とし、放射線業務従事者における体幹中心の高さ、および、眼の水

晶体の高さを想定した，高さ 100cm および 150cm の位置に配置した．放射線測定器は法的に求められる線量が測定できる専用放射線測定器（OSL 線量計：nanoDot：長瀬ランダウア）を用いた．

X 線照射条件は，各研究協力施設における標準的な PCI での照射条件とした．照射時間は測定素子の検出限界や，各研究協力施設における血管撮影装置の性能や使用条件を考慮し，各研究協力施設において決定した．決定した X 線照射条件ならびに照射時間は両法において同一とした．なお，本研究に関わる作業は診療時間外にて実施し，各研究協力施設の病院業務に支障が生じないように配慮した．

両法において，空間線量分布測定作業に要した作業時間を記録した．作業時間の記録は，各作業（「設置作業」，「照射作業」，「片付作業」）をセクション分割し，各セクションの開始時刻および終了時刻を記録した．

B-3. 測定方法：作業アンケート調査

各研究協力者において，両法での空間線量分布測定作業終了直後に作業アンケートへの回答を得た．作業アンケートは施設名と研究協力者名を記名し，回答収集後に匿名化を実施した．回答は，各研究協力施設の研究協力代表者に取りまとめ，郵送にて回収した．

作業アンケート内容は，5 項目（「簡便性」，「汎用性」，「組立作業の容易性」，「片付作業の容易性」，「再設置作業の再現性」，）とし，SD（Semantic Differential）法を用いた 10 段階評価により，両法について回答を得た．また，自由記載による回答も併せて取得した．

B-4. 集計処理および統計処理

作業時間集計は，各セクションにおける作業開始時刻から作業終了時刻までを，セクション作業時間（「設置作業時間」，「照射作業時間」，「片付作業時間」とした．また，各セクション作業時間の合計を測定作業時間とした．各作業時間の統計処理には，ウィルコクソンの順位和検定（Wilcoxon Rank-Sum test / Mann-Whitney U test）を用い， $P < 0.05$ 未満を有意差ありと判定した．

作業アンケート集計は，各アンケート項目において両法について集計した．各作業アンケートの統計処理には，正規分布に従う場合には，スチューデントの t 検定（Student's T-test）を用い，正規分布に従わない場合には，ウィルコクソンの順位和検定（Wilcoxon Rank-Sum test / Mann-Whitney U test）を用い， $P < 0.05$ 未満を有意差ありと判定した．

B-5. 倫理的配慮

本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：PAZ20-24）．

C. 研究結果

C-1. 作業時間測定結果

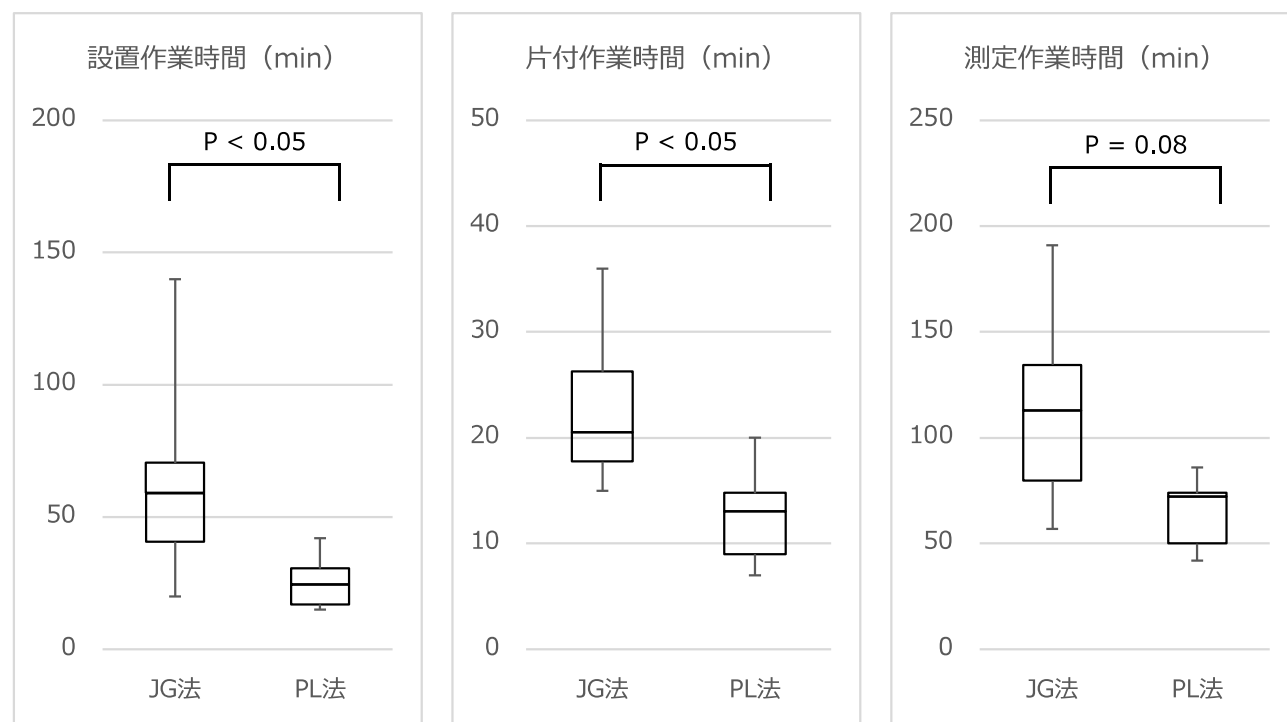
Table. 1 および Fig. 3 に各研究協力施設における，各作業セクションでの作業時間測定結果，および，測定作業時間測定結果を示す．

Table. 1 作業時間測定結果

JG 法	研究協力施設					
	A	B	C	D	E	F
設置作業時間 (min)	20	37	66	72	52	140
照射時間 (min)	20	20	30	30	30	30
片付作業時間 (min)	17	15	28	36	20	21
測定作業時間 (min)	57	72	124	138	102	191

PL 法	研究協力施設					
	A	B	C	D	E	F
設置作業時間 (min)	15	15	26	32	23	42
照射時間 (min)	20	20	30	30	30	30
片付作業時間 (min)	7	8	15	12	20	14
測定作業時間 (min)	42	43	71	74	73	86

Fig. 3 作業時間測定統計



設置作業時間（中央値）は、JG 法：59.0±41.6min，PL 法：24.5±10.4min であり，PL 法が有意（ $P=0.04$ ）に短時間作業であった．照射作業時間（中央値）は，JG 法：30.0±5.2min，PL 法：30.0±5.2min であり，両法の作業時間に差（ $P=1$ ）はなかった．片付作業時間（中央値）は，JG 法：20.5±7.8min，PL 法：12.7±4.8min であり，PL 法が有意（ $P=0.02$ ）に短時間作業であった．測定作業

時間（中央値）は、JG 法：113.0±48.5min，PL 法：72.0±18.1min であり，有意差はない（P=0.08）ものの，PL 法が短時間作業であった。

C-2. 作業アンケート結果

Table. 2 に各作業アンケート項目における集計結果を示す。

Table. 2 作業アンケート結果

	簡便性		汎用性		設置容易性		片付容易性		再現性	
	JG 法	PL 法	JG 法	PL 法	JG 法	PL 法	JG 法	PL 法	JG 法	PL 法
Ave	3.2	7.4	2.9	7.7	2.8	7.6	2.1	7.1	5.3	6.7
50%tile	3.0	7.5	2.5	8.0	2.0	7.0	2.0	7.0	5.0	7.0
SD	1.6	1.4	1.6	1.1	1.5	1.4	1.2	1.6	2.3	2.0

簡便性（中央値）は，JG 法：3.0±1.6，PL 法：7.5±1.4 であり，PL 法が有意（P<0.05）に高い評価であった。汎用性（中央値）は，JG 法：2.5±1.6，PL 法：8.0±1.1 であり，PL 法が有意（P<0.05）に高い評価であった。設置容易性（中央値）は，JG 法：2.0±1.5，PL 法：7.0±1.4 であり，PL 法が有意（P<0.05）に高い評価であった。片付容易性（中央値）は，JG 法：2.0±1.2，PL 法：7.0±1.6 であり，PL 法が有意（P<0.05）に高い評価であった。再現性（中央値）は，JG 法：5.0±2.3，PL 法：7.0±2.0 であり，有意差はない（P=0.07）ものの，PL 法が高い評価であった。

D. 考察

D-1. 作業時間測定

各セクションにおける作業時間において，設置作業および片付作業ともに有意に PL 法が短時間の作業時間となった。

設置作業においては，JG 法では放射線診療室全体に対して，すべてのポールとジョイントを組み合わせ，測定ポイントに合わせてジャングルジム様に組み立てる必要がある。一方，PL 法ではポールとジョイントを組み合わせた測定用ポールを複数組み立て，測定ポイントに設置する。PL 法では作業効率を上げるために，「測定用ポールを組み立てる役割」と「測定用ポールを測定ポイントに設置する役割」を測定者間で分担することが可能であり，同時並行の設置作業を行った施設が多かったため，設置作業時間が短かったと考える。測定ポイントの調整において，JG 法ではすべてのポールとジョイントが連結しているため，1 点調整するためには全体を調整する必要がある。特に，放射線診療室が広い施設で設置作業時間に影響しており，施設間における設置作業時間のバラツキが JG 法で大きい要因であると考えられる。一方，PL 法では 1 点ごとの調整が可能であるため，設置作業時間に影響が少なかったと考える。また，設置作業には放射線測定器を設置するところまでを一連としているが，JG 法では組み立て作業後では自由スペースが少なく，ジャングルジムの内側に回り込むことが難しく，放射線測定器の設置にも時間がかかるために，設置作業時間が PL 法よりも長くなった要因と考える。

片付作業においても、PL 法では作業効率を上げるために、「測定用ポールを回収する役割」と「測定用ポールを解体する役割」を測定者間で分担することが可能であり、同時並行の片付作業を行った施設が多かったため、片付作業時間が短かったと考える。また、PL 法ではある程度の保管スペースさえあれば、組み立てた測定用ポールをパーツごとに解体するの必要がないため、片付作業が簡素化されたと考える。特に、複数の放射線診療室を測定対象とするような施設の場合、測定用ポールの再組み立てが不要になるため、設置作業も簡素化されたと考える。

測定作業時間において、設置作業と片付作業の要因を受け、PL 法が有意に短時間作業となったと考える。また、施設間における測定作業時間のバラツキも PL 法が小さかったことから、PL 法は簡便性だけでなく、汎用性も高い測定方法であると考ええる。

D-2. 作業アンケート調査

作業アンケート項目のうち、簡便性、汎用性、設置容易性、片付容易性において、PL 法が有意に良い評価となった。測定者の感覚評価においても、PL 法は負担が軽減された測定法であると考ええる。

再現性について、JG 法と PL 法の評価に差はなかった。測定環境の再構築では、JG 法ではポールとジョイントの組み立てによって測定位置や測定間隔が既定されており、また、PL 法では設置位置調整作業が容易であることから、両法に差が生じなかったと考える。研究協力施設の 1 施設において、PL 法での測定中に緊急症例が搬送されたため、測定が一時中断となったが、測定用ポールを迅速に撤去し対応可能であったとの意見を得た。よって、IVR のような救急対応が必要な測定環境においても、PL 法は迅速に対応できる測定法であることが示唆された。

PL 法では測定に用いるポールやジョイントの機材の数も少なく、測定機材保管の省スペース化や経費削減化も、簡便性や汎用性を促進する要因となると考える。PL 法においても、測定用ポールの構造を再検討することで、さらに必要測定機材数を少なくできるとの意見も挙げられた。

D-3. 今後の検討課題

本研究において検討した測定環境は、PCI を想定した血管撮影室であった。血管造影室や一般透視室のような透視下手技を伴う放射線診療室はもとより、従事者被ばくが懸念される放射線診療室はこの他にも存在する。特に、救急部門における CT 室においては、患者急変に備えるため、CT 室内において患者観察が必要な場合も多い。また、CT ガイド下生検やドレナージ術など、CT 透視下での non-vascular IVR を実施する放射線診療室も存在する。このような場合、CT ガントリや介助者の位置を任意に設定する必要がある。PL 法では、測定ポールを任意位置に設置可能 (Fig. 4) であるため、様々な放射線診療室に対応できる汎用性も有用であると考ええる。

「医療機関における放射線業務従事者に対する放射線管理に関する調査研究（渡邊研究分担者）」において、「管理状況に関するアンケート調査（実態調査&詳細調査）」では、従事者被ばく防護研修に空間線量分布図を活用している施設は 20~40%と十分ではないことが報告されている²³⁾²⁴⁾。この対策の 1 つとして、空間線量分布測定が簡便で汎用性の高い測定方法へと進化させることや、測定方法の普及により標準化することが重要と述べている。仮想現実を用いた様々な放射線診療室の空間線量分布を可視化し、従事者防護教育に用いる方法も報告されている²⁵⁾。PL 法は簡便であり汎用性の高い実測による測定方法として、多くの医療施設へ普及していくことが、今後の課題であると考ええる。

Fig. 4 PL 法による IVR-CT 室の空間線量分布測定



E. 結論

本研究では、放射線診療室における空間線量分布測定において、段ボール製円筒形ポールとプラスチック製ジョイントを組み合わせた複数の測定用ポールを用いた、ポール法（Pole method : PL 法）を開発した。PL 法は、設置作業や片付作業が従来法に比較し短時間の測定作業時間となった。また、測定者に対する作業アンケートにおいても、測定に伴う負担は軽減された結果となった。よって、PL 法は簡便性や汎用性より高い空間線量分布測定法であることが示唆された。今後は、PL 法による空間線量分布測定が広く認知され、多くの医療施設において測定が実施されることにより、従事者被ばく低減に利用されることが重要と考える。

F. 謝辞

本研究に際し、空間線量分布測定ならびにアンケート調査への多大なる協力をいただいた、下記、研究協力施設のみなさまに感謝申し上げます。

研究協力施設：東海大学医学部附属八王子病院
：横浜市立大学附属病院
：横浜市立大学附属市民総合医療センター

: 横浜市立市民病院
: 横浜栄共済病院
: 国際親善総合病院

G. 利益相反

本研究に際し、利益相反はありません。

H. 参考文献

- 1) OECD Health Statistics 2018. <https://data.oecd.org/healthqt/computed-tomography-ct-scanners.htm> (Accessed 2021.02.01)
- 2) 厚生労働省 医療施設調査. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/79-1.html> (Accessed 2021.02.01)
- 3) 市川龍資. 日本の国民線量—特に外国との比較—. RADIO ISOTOPES 2013 ; 62 : 927-938.
- 4) CT 検査による医療被ばくの低減に関する提言. 日本学術会議 2017.
- 5) 医療被ばく研究情報ネットワーク. 最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定 2015. <http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf> (Accessed 2016.08.31)
- 6) 医療被ばく研究情報ネットワーク. 日本の診断参考レベル (2020 年版) . http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020_ip.pdf (Accessed 2020.09.15)
- 7) 厚生労働省. 医政発 0312 第 7 号医療法施行規則の一部を改正する省令の施行等について. 厚生労働省医政局長, 2019.
- 8) 中村仁信, 富樫厚彦, 諸澄邦彦編著. IVR の臨床と被曝防護. 医療科学社 東京 2004.
- 9) 医療放射線防護連絡協議会. IVR に伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン—Q&A と解説—, ブックレット・シリーズ 3 2004.
- 10) 黒田正子, 原知里, 後藤理恵. 放射線科看護師が行うリスクマネジメント A to Z. ラナリス 2006 ; 4 : 2-5.
- 11) 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 (2021 年改訂版) . https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2021/03/JCS2021_Kozuma.pdf (Accessed 2021.04.01)
- 12) ICRP Publication 118 ダウンロード版. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context ICRP. <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP+Publication+118> (Accessed 2020.03.09)
- 13) 日本保健物理学会. 水晶体の線量限度に関する専門研究会報告書. 2018. <http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/news/page.cgi?id=97> (Accessed 2021.01.18)
- 14) 厚生労働省. 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令. 厚生労働省 労働安全衛生局. 2021.
- 15) 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. 日放技誌 2016 ; 72(11) : 1144-1151.

- 16) 宮川潤, 窪田寛之, 松原孝祐, 他, コリメータカバーを含む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. 日放技誌 2017 ; 73(8) : 680-688.
- 17) 磯村高之, 遠藤登喜子, 広藤喜章, 他. CT 透視法における施術者の被曝線量率の測定. 日本インターベンショナルラジオロジー学会雑誌 1999 ; 14(4) : 443-448.
- 18) 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.
- 19) Nakamura T, Suzuki S, Takei Y, et al. Simultaneous measurement of patient dose and distribution of indoor scattered radiation during digital breast tomosynthesis. Radiography 2019 ; 25(1) : 72-76.
- 20) 竹井泰孝. IVR スタッフの被ばく低減につながる X 線診療室の室内散乱線測定. RadFan 2019 ; 17(9) : 75-77.
- 21) 廣澤文香, 松原孝祐, 竹井泰孝, 他. 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. 日放技誌 2020 ; 76(6) : 572-578.
- 22) 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における室内散乱線量分布の測定. 日放技誌 2020 ; 76(1) : 54-63.
- 23) 目黒靖浩, 渡邊浩, 北山早苗, 他. 医療機関ならびに地方医療行政機関に関する改正省令ガイドの必要性. 日本診療放射線技師会雑誌 2020 ; 67(817) : 20-26.
- 24) 医療分野の放射線業務における被ばく実態と被ばく低減に関する調査研究. 労災疾病臨床研究事業補助金 令和 2 年度 総括・分担研究報告書 (研究代表者 細野眞). 2021.
- 25) 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. 日放技誌 2019 ; 75(11) : 1297-1307.

I. 参考資料

1. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 依頼状
2. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 同意書
3. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 同意撤回書
4. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 測定マニュアル
5. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 測定マニュアル概要図
6. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 作業時刻記録シート
7. X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究 作業アンケート

〇〇〇〇年〇月〇日

協力医療機関施設長 殿

群馬パース大学保健科学部放射線学科
渡邊 浩

X線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究について（お願い）

拝啓

2020年4月1日、国際放射線防護委員会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)のソウル声明(勧告)の盛り込みを基軸とした改正電離放射線障害防止規則(以下、電離則)が公布されました。施行は2021年4月1日です。改正電離則では放射線業務従事者の職業被ばく線量限度の一つである眼の水晶体の等価線量限度を従前の150 mSv/年から、「5年間の平均が20mSv/年を超えず、いかなる1年間においても50mSvを超えない」に引き下げられました。そのため、被ばく線量の多い医師ならびに看護師等の被ばく線量を低減する必要があります。そこで、放射線業務従事者の被ばく低減意識を高めるためのX線診療室内の線量分布測定について簡便かつ汎用性の高い測定法の開発研究を行うこととしました。つきましては、貴院のX線診療室においてジャングルジム法(以下、JG法)とポール法による放射線測定を実施させていただくとともに両法に関する簡便性ならびに汎用性に関するアンケート調査にご協力をお願いいたします。協力者は各施設3~4人とし、各方法ともにアンケート回答時間も含めて1.5~2時間を予定しています。なお、本研究実施にあたっては診療時間外に行うこととしております。

以上、ご多用な折、ご面倒をおかけいたしますが本研究の趣旨にご理解とご協力を賜りますようお願いいたします。

敬具

記

調査(研究)の概要並びに取り扱うデータ等に関する説明

① 研究の意義および目的について

本研究はIVR等を実施するX線診療室内の線量分布の簡便かつ汎用性の高い線量測定法を開発することにあります。近年、放射線診療の利用が拡大しています。放射線診療に使用するX線(一次線)は患者に照射されますが、照射されたX線は患者に照射された後、患者周辺に散乱X線として分布します。X線診療室内の散乱X線は検査室内で医療行為を行う医療従事者の最も大きな被曝要因であり、術者である医師だけでなく、患者の看護や、容態観察、術者の援助などといった作業を効率的に行うため検査室に留まる時間が医師に次いで多い看護師の被ばく線

量も多くなっています。放射線業務従事者の職業被ばくを低減するためには適切な放射線防護方策を的確に実施するために放射線業務従事者に対する教育（研修）が重要となります。Interventional Radiology（IVR）等ではX線診療室内の線量が放射線業務従事者の被ばくに直接反映することから、線量分布を測定、可視化して放射線業務従事者の被ばく低減意識を高めることが重要です。

② 予測される研究の成果

本研究により IVR 等を実施する X 線診療室内の線量分布の簡便かつ汎用性の高い線量測定法を開発できる可能性があります。

③ 研究期間

この研究は〇〇〇〇年〇月〇日より 2025 年 3 月 31 日までとしています。

④ 研究者

渡邊 浩（群馬パース大学保健科学部放射線学科・教授）

山本和幸（東海大学医学部付属病院・診療技術部放射線技術科・線量測定ならびに結果解析）

坂野智一（横浜市立大学附属市民総合医療センター・放射線部・線量測定）

岩崎真之（東海大学医学部付属八王子病院・診療技術部放射線技術科・線量測定および調査票結果の匿名化）

石川栄二（横浜市立大学附属病院・放射線部・測定技術アドバイス）

田島隆人（東海大学医学部付属八王子病院・診療技術部放射線技術科・個人情報保護責任者）

田邊頌章・横浜市立市民病院（線量測定）

細野 眞（近畿大学・医学部放射線医学教室・教授、「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」全体総括）

なお、本調査（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 眞（近畿大学教授））の研究活動の一環として実施いたします。

⑤ 研究に関する資料の提供

あなたの希望に応じて、被験者の個人情報の保護や研究の独創性の確保に支障がない状況の範囲で、この研究の研究計画および研究方法についての資料の入手または閲覧することができます。

⑥ この研究への参加をお願いする理由

本研究への参加は、IVR 等の放射線診療を実施している医療機関の方々にお願いしています。本研究は IVR 等を実施する X 線診療室内の線量分布の簡便かつ汎用性の高い線量測定法を開発することにあります。

⑦ この研究により期待される利益

本研究により IVR 等を実施する X 線診療室内の線量分布の簡便かつ汎用性の高い線量測定法を

開発できる可能性があります。そして、最終的に全国の医療機関で医療従事者の職業被ばく低減が促進され、水晶体の新等価線量限度を遵守できるとともに当該医療従事者の健康影響を防止することに貢献できる可能性があります。

⑧ この研究への参加に伴う危険または不快な状態

本研究では IVR 等を実施する X 線診療室内の線量分布の簡便かつ汎用性の高い線量測定法を開発することにあります。そのため、貴院で IVR 等を実施する X 線診療室の線量測定を JG 法とポール法それぞれで測定していただきます。測定機材は両法とも円筒形の段ボールとプラスチック製の繋ぎ目を組みわせるだけです。また、関係者全員が X 線診療室外に退室したことを確認してから X 線を照射し測定を行いますので関係者全員が被ばくすることはありません。線量測定の後、線量測定法に関する簡便性ならびに汎用性に関するアンケートに回答いただきます。したがって、本研究への参加に伴って危険または不快な状態になることはありません。

⑨ 研究終了後の対応

研究終了後、データは鍵のかかる場所で 10 年間厳重に保管します。

⑩ 個人情報の取り扱い

線量測定法に関する簡便性ならびに汎用性に関するアンケート調査結果を取得します。調査結果には医療機関の混合防止や回答上の不明な点の確認のために、施設名あるいは回答者氏名を記入いただきます。調査結果の回収後は調査票管理担当である共同研究者が調査票の施設名および担当者氏名・職位を切り離すことで匿名化します。調査票は個人情報責任者である共同研究者が勤務する教育・研究機関内で施錠できる場所で保管・管理します。この際に調査票管理担当者が対応表を作成し、この対応表も個人情報責任者である共同研究者が保管・管理します。調査票に記載された調査結果のデータベース入力作業は匿名化を行った調査票管理担当者である共同研究者ならびに個人情報保護責任者以外の共同研究者が行います。

⑪ 研究のための費用

本調査（研究）の費用は令和 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 眞（近畿大学教授））より支出されます。あなたやあなたの所属する医療機関に負担していただく費用はありません。

⑫ 研究と企業・団体との関わり

本調査（研究）は企業や団体との関わりはありません。

⑬ 協力者に対する研究への参加の任意性、同意の撤回ならびに研究成果の公表

本研究では貴医療機関の主に IVR 等の放射線診療に従事する診療放射線技師の方々に本研究への参加をお願いしたいと考えております。本研究参加にあたっては本依頼状と同内容の依頼状をお渡し同意書により参加同意を確認させていただいた上でご参加いただきます。ただし、参

加した後であっても撤回はいつでも可能です。ただし、結果を使った論文や報告等が公表された後は撤回することができません。

また、速やかな調査結果のとりまとめならびに指針作成を行うため、誠に恐縮ながら回答期限を〇〇〇〇年〇月〇日とさせていただきます。さらに、本調査結果や指針は雑誌等に投稿、公開することとしておりますが、個々の施設名や回答者名と連結した調査結果を公表することは決してありません。

⑭ 知的財産権の帰属

本調査（研究）により特許権等の知的財産権が生じる可能性があります、その権利は国に帰属し、被験者の方には帰属しません。

⑮ 回答送信先

東海大学医学部附属八王子病院 診療技術部放射線技術科
岩崎真之

⑯ 連絡先

○この研究に関する問い合わせ先

群馬パース大学保健科学部放射線学科・大学院保健科学研究科（放射線学領域）

教授 渡邊浩

電子メール：h-watanabe@paz.ac.jp

電話 027-386-8166 FAX027-386-8592

○この研究に関する苦情等の連絡先

群馬パース大学 総務課

電話 027-365-3374 FAX027-365-3367

* 本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会の審査を経て学長の承認を得ています。

以上

同意書

X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究

代表者 渡邊 浩 殿

(群馬パース大学健康科学部放射線学科 教授)

このたび、「X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究」に参加するにあたり、依頼状に記載された下記の内容を確認し、十分に納得し、その必要性を認めたので本研究に参加することに同意します。

- ① 研究の意義および目的について
- ② 予測される研究の成果
- ③ 研究期間
- ④ 研究者
- ⑤ 研究に関する資料の提供
- ⑥ この研究への参加をお願いする理由
- ⑦ この研究により期待される利益
- ⑧ この研究への参加に伴う危険または不快な状態
- ⑨ 研究終了後の対応
- ⑩ 個人情報の取り扱い
- ⑪ 研究のための費用
- ⑫ 研究と企業・団体との関わり
- ⑬ 研究への参加の任意性、同意の撤回ならびに研究成果の公表
- ⑭ 知的財産権の帰属
- ⑮ 回答送信先
- ⑯ 連絡先

西暦 年 月 日

施設名 _____

氏 名 _____ 印

同意撤回書

X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究

代表者 渡邊 浩 殿

(群馬パース大学健康科学部放射線学科 教授)

このたび、「X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究」実施に際し説明を受け、研究参加に同意しましたが、その同意を撤回します。なお、私に関する試料、データ（資料）などは速やかに廃棄してください。

西暦 年 月 日

施設名 _____

氏 名 _____ ㊞

X 線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究

研究責任者：群馬パース大学 渡邊浩

研究分担者：東海大学医学部付属病院 山本和幸

1. 共通ルール：事前準備 (研究対象外)

- 1)測定対象検査室は主に循環器領域(心カテ)検査を施行する検査室とする.
 - 2)検査室内物品のうち検査室外へ移動できるものは極力移動する.
 - 3)防護板および防護スカートは外し線量測定に影響がないようにする.
 - 4)シングルプレーン・AP 方向での測定とし装置ジオメトリは基準透視線量率測定に準じる.
 - ①装置ジオメトリ：C 7-M@AP・寝台高さ@患者照射基準点・SID@100cm
 - ②散乱体ファントム：20cm 厚 PMMA
 - 5)透視条件は高線量透視を推奨とするが、通常臨床使用条件でも可とする.
【参考透視条件：70kV・4mAs・8inch・30min → 0.05mGy~0.01mGy @東海大】
 - 6)線量計固有番号は予め線量計位置表に記入する.
 - 7)検査室準備および線量計位置表準備の時間は作業時間測定には含まない.
- ※1-2)および 1-3)により実臨床の線量分布よりも高線量となる可能性あり.
- ※1-5)通常臨床使用透視条件では散乱線線量が低く線量分布が過小評価となる可能性あり.
- ※nanoDot 線量計の測定最低感度は 0.1mGy であり、それ以下は参考値となる.

2. 共通ルール：設置作業 (研究対象)

- 1)ジャングルジム法(JG 法)およびポール法(PL 法)ともに公平な作業比較を基本とする.
- 2)紙製ポールとジョイントのつなぎ目は奥までしっかりと入らなくてもよい.
- 3)設置作業は研究協力施設担当者 1 名を含む 3 名で実施する.
- 4)【共通ルール 1】の完了後から作業時間測定を開始する.
- 5)作業時間測定シートに当該作業開始および終了時間を記入する.
- 6)記入時刻は測定担当者のスマートフォン上の時刻を記入する.
- 7)設置作業には線量計設置時間も含める.
- 8)片付作業には線量計回収時間も含める.
- 9)測定位置は X 線管球位置を中心(0 位置)とし頭尾および左右方向にマス目様に設置する.
- 10)測定位置の間隔は頭尾および左右方向ともに 100cm とする. (Fig 5-1)
- 11)測定位置は障害物のない位置とし最大で 1 平面 30 箇所とする.
- 12)高さ方向の測定位置は 100cm および 150cm とする.
 - ①100cm：ジョイントから拳 1 個分上方(Fig 5-2-1)
 - ②150cm：ポール上端から拳 1 個分下方(Fig 5-2-2)
- 13)線量計(nanoDot)は X 線管球側を向くように設置する. (方向依存性の排除)
- 14)線量計(nanoDot)は QR コード面が X 線管球側を向くように設置する.
- 15)両測定法ともに術者位置(オペレータ・セクト)には PL 法にて術者位置測定を追加する.
- 16)術者位置測定では nanoDot 測定に加えルミナス線量計による測定も実施する.
- 17)測定の順番は研究分担者：山本がランダムに決定し指定する.

3. ポール法(PL 法)

1)紙製ポールとジョイントを用い、独立した測定ポール(4 足)による測定方法を PL 法とする.

2)1 組の測定ポールは以下の物品で構成される.

①5 ロジョイント×1 ②2 ロジョイント×1 ③77cm ポール×2 ④15cm ポール×4

3)測定ポールの組み立ては Fig スライド. 3 を参考に測定ポイント分組み立てる.

4)測定ポールの配置は Fig スライド. 4 および 5 を参考に配置する.

5)オペレータ位置およびセカンド位置測定用ポールも同様に組み立てる.

6)3-5)の配置は実際の立ち位置に配置する.

7)3-5)の測定では nanoDot 線量計に加えルミナス線量計でも測定を行う.

8)3-7)のルミナス線量計の測定位置は Fig スライド. 10 の通りとする.

※Fig スライド. 6 では 6 足 ver であることに注意する.

4. ジャングルジム法(JG 法)

1)紙製ポールとジョイントを用い、ジャングルジム様に組み上げた測定方法を JG 法とする.

2)平面方向の組み上げには 77cm ポール+2 ロジョイント+15cm ポールを基本とする. (Fig スライド. 8)

3)測定ジャングルジムの組み立ては Fig スライド. 7 および 8 を参考に配置する.

4)オペレータ位置およびセカンド位置測定用ポールも同様に組み立てる.

5)3-5)の配置は実際の立ち位置に配置する.

6)3-5)の測定では nanoDot 線量計に加えルミナス線量計でも測定を行う.

7)3-7)のルミナス線量計の測定位置は Fig スライド. 10 の通りとする.

5. 評価方法

1)研究協力施設において以下の施設測定担当者を選定する.

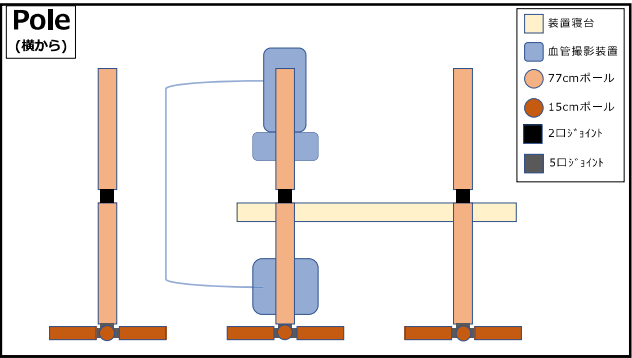
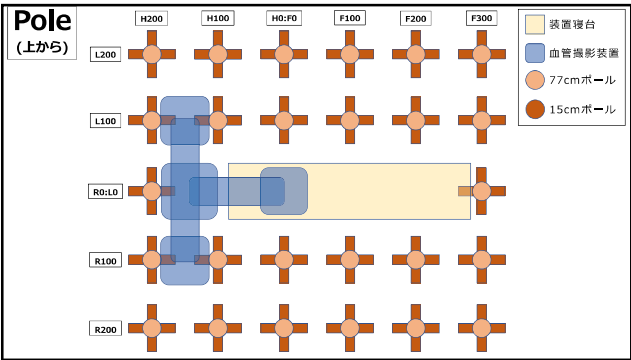
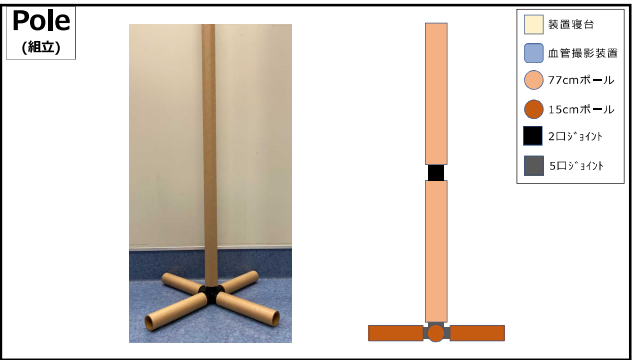
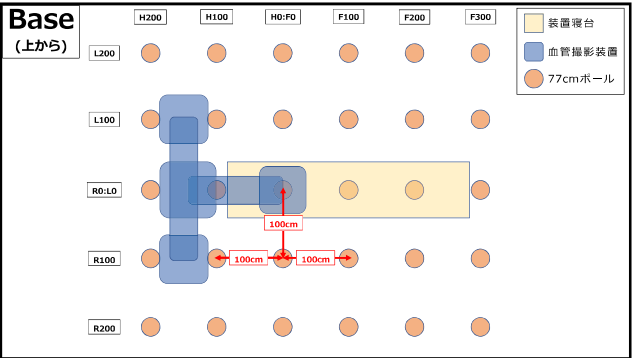
2)施設測定担当者は施設測定協力者を 2 名選定する.

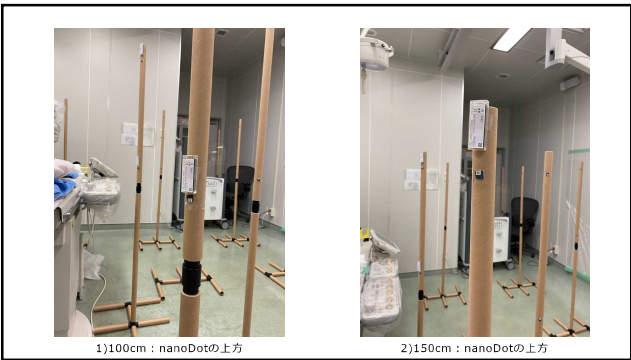
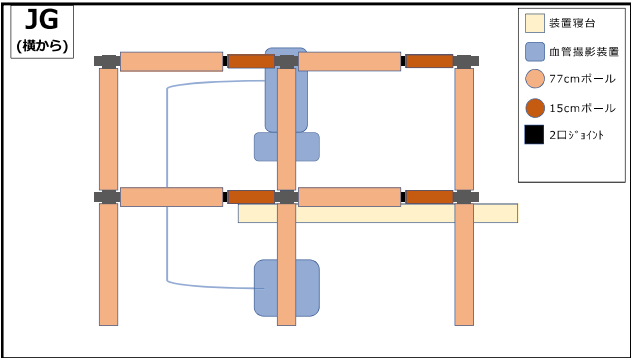
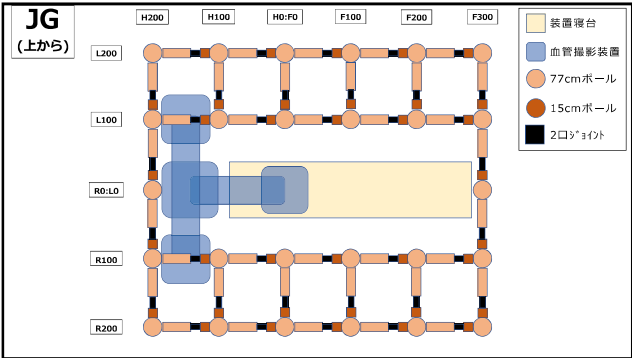
3)測定担当者および測定協力者はオプトアウトを参照し研究同意書に同意した後に測定作業を開始する.

4)測定担当者および測定協力者は測定作業終了後、アンケート調査票を記入する.

5)測定担当者は研究同意書、アンケート調査票、および作業時間測定シートを管理し以下に送付する.

送付先：東海大学医学部付属八王子病院 岩崎真之





結果送付前チェックシート

施設名 _____

装置メーカー名 _____

装置名 _____

	同意書	アンケート
測定担当者名 _____	☐	☐
測定協力者名① _____	☐	☐
測定協力者名② _____	☐	☐

作業時刻記録シート

- ※記入時刻は測定担当者のスマートフォン上の時刻を記入する.
- ※設置作業には線量計設置時間も含める.
- ※片付作業には線量計回収時間も含める.

JG法			
作業日(測定日)			
設置作業開始時刻			
設置作業終了時刻 (線量計設置終了)			
照射開始時刻			
照射終了時刻			
片付作業開始時刻 (線量計回収開始)			
片付作業終了時刻			
透視条件 / 線量記録			
管電圧 : kV	管電流 : mA	ハ°ルスレート : p/s	照射野 : inch / cm
透視時間 : min	空気カーマ : AK : mGy		面積線量値 : Pka : mGycm2

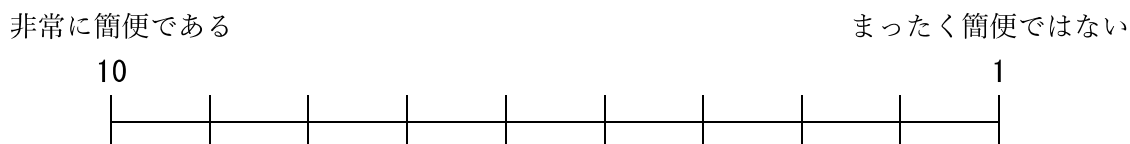
X 線診療室内における線量分布測定法比較に関するアンケート調査

この度は IVR を実施している X 線診療室内の線量分布測定ならびに測定法の比較研究にご協力いただき誠にありがとうございます。両方の測定を行った後に、ジャングルジム (JG) 法とポール法について下記のアンケート調査にもご協力ください。

施設名 () 回答 (協力) 者氏名 ()

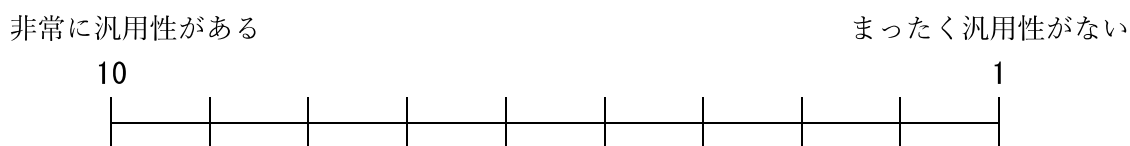
* 回答内容を確認することが必要な時のためであり、個人情報をデータと紐づけして公開することはありません。

設問 1 X 線診療室内の線量分布測定の簡便性 (測定作業全般のしやすさ) について下記のスケールを踏まえて JG 法とポール法それぞれ 1~10 の整数でご回答ください (以下同様)。



JG 法 () ポール法 ()

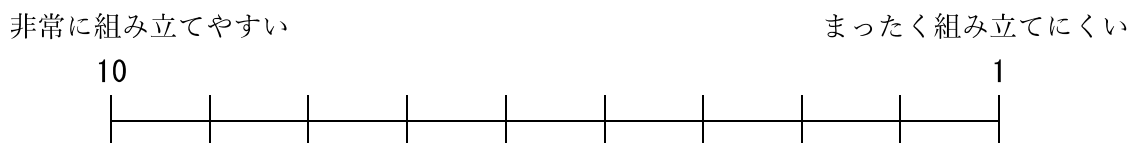
設問 2 X 線診療室内の線量分布測定の汎用性 (アームの位置を変えた場合や CT (透視等)・TV・術中透視装置等を設置した室内を測定する場合の使いやすさ) について下記のスケールを踏まえて JG 法とポール法それぞれ 1~10 の整数でご回答ください。



JG 法 () ポール法 ()

裏面に続く

設問 3 X 線診療室内の線量分布測定の JG とポールの組み立てやすさについて下記のスケールを踏まえて JG 法とポール法それぞれ 1~10 の整数でご回答ください。

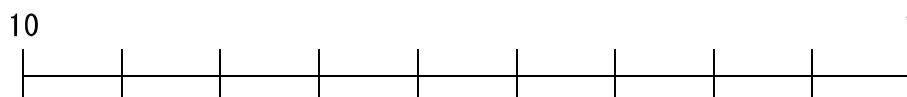


JG 法 () ポール法 ()

設問4 IVR を実施する部屋は線量分布測定中に緊急検査・治療に使用しなければならない場合もありますが、その場合組み立てた器具（JG やポール）を解体あるいは撤去しなければなりません。その場合の対応のしやすさについて下記のスケールを踏まえて JG 法とポール法それぞれ 1～10 の整数でご回答ください。

非常に対応しやすい

まったく対応しにくい

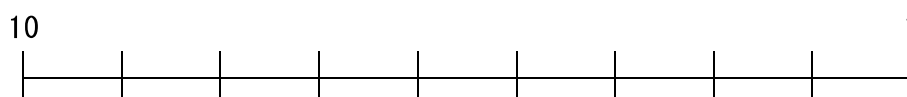


IG 法 () ポール法 ()

設問5 設問4において測定を再開するために一旦解体あるいは撤去した器具を元の位置に組み立てなおすかあるいは配置する必要があります。この際に元の位置に再配置する再現性について下記のスケールを踏まえて JG 法とポール法それぞれ 1～10 の整数でご回答ください。

非常に再現性がある

まったく再現性がない



JG 法 () ポール法 ()

JG 法とポール法との比較や改良点等について数値記載以外でのご意見がありましたら記載ください。

以上です。ご協力ありがとうございました。

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書5
防護クロス の鉛当量の差異による散乱線の線量低減効果の比較評価

研究分担者

渡邊 浩 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授)

研究協力者

坂本 肇 (順天堂大学 保健医療学部診療放射線学科 教授)

山本 和幸 (東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師)

今尾 仁 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 助教)

研究要旨

2020年4月、水晶体の等価線量限度は150mSv/年から1年単位で3分の1にまで引き下げられた。内視鏡的逆行性胆管膵管造影 (Endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP) は管理区域内で従事する放射線業務従事者 (以下、従事者) の線量が高いことが知られており、従事者の線量低減のために防護クロスが使用されている。本研究では ERCP 検査時における鉛当量の異なる防護クロス の線量低減率の比較・評価を行うことである。X線管に近い部分を0.125, 0.175, 0.25 mmPb の防護クロスで遮蔽した後、ERCP 中に4つの典型的な作業者の場所に配置された個人線量計で、1cm と3mm の線量当量を測定した。防護クロスを使用した場合の ERCP 中の従事者線量が最も高い場所での線量低減率は、鉛当量0.125, 0.175, および0.25 mmPb でそれぞれ82%-86%, 86%-94%, および87%-96%であった。最も高い線量位置での眼の水晶体の等価線量率は、鉛当量が0.25mmPb の防護クロスで0.22mSv / h, 鉛当量が0.125mmPb の防護クロスで0.82mSv / h (線量比3.7) であった。評価した防護クロス の鉛当量において線量低減率は高かった (≥80%)。目の水晶体の等価線量が線量限度に近い ERCP に従事する従事者には鉛当量の高い防護クロスが推奨される。

A 研究目的

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¹⁾。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、患者の医療被ばくだけでなく、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被ばく線量も多いことが報告されている²⁻⁴⁾. ERCP 検査では, 全ての処置が 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⁵⁾. IVR を行う場合, X 線診療室内の散乱 X 線は室内は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.

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⁶⁾. 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⁷⁾. 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⁸⁾. ERCP 検査は, 従事者の線量が高いことが知られている⁵⁾⁹⁾. そこで最近では, 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用され始められている⁹⁻¹¹⁾. しかし, 防護クロスは複数のメーカーから販売されており, 線量低減の目安にもなる鉛当量も異なっているが, それぞれの線量低減効果を比較した報告は少ない.

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における防護クロスの鉛当量別の線量低減効果を評価することである.

B 研究方法

1. 使用機器等

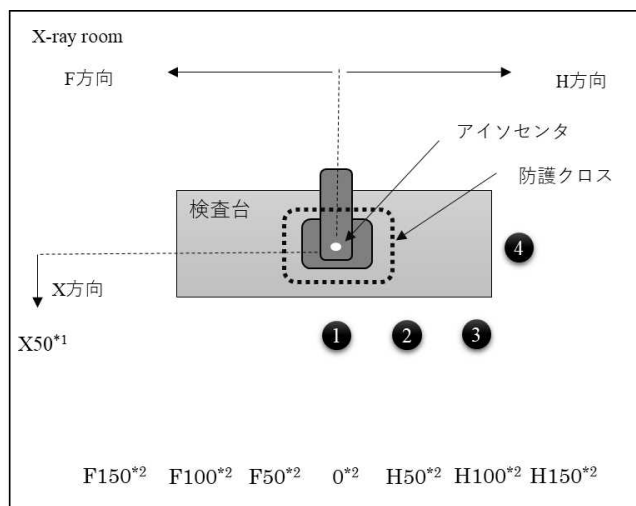
X 線装置, 人体ファントムおよび防護クロスは, それぞれ東芝メディカルシステムズ株式会社 (現キヤノンメディカルシステムズ株式会社) 製据置型デジタル式汎用 X 線透視診断装置 デジタル X 線 TV 装置システム Plessart ZERO DREX-PZ10, 株式会社京都科学社製 PH-2 可動人体ファントム PBU50 および株式会社保科製作所社製「散乱線防護クロス NP」(鉛当量 0.25 mmPb, 重量 7.0 kg) ならびに株式会社マエダ社製「TI-WINSOPE 用-18 4 面」(鉛当量はそれぞれ 0.125 mmPb および 0.175 mmPb, 重量はそれぞれ 5.1 kg および 5.7 kg) である. また, 防護クロスの寸法は, 保科製作所社「製散乱線防護クロス NP」の遮蔽部分は横幅 65 cm, 奥行き 45 cm, 高さ 80 cm である. また, 株式会社マエダ社製「TI-WINSOPE 用-18 4 面」の遮蔽部分は, 鉛当量 0.175 mmPb のものは横幅 64 cm, 奥行き 40 cm, 高さ 75cm (側面は 60 cm) で, 鉛当量 0.125 mmPb のものは横幅 64 cm, 奥行き 40 cm, 高さ 65 cm (側面は 60 cm) である.

また, 放射線測定器は, 長瀬ランダウア株式会社製光刺激ルミネッセンス線量計 (Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD) (以下, ルミネス線量計)¹²⁻¹³⁾ および 3mm 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)¹⁴⁾ を用いた.

2. X線透視条件および幾何学的配置

X線透視条件は、腹部の条件である管電圧：95 kV，管電流：1.5 mA，照射野：23.3 cm × 23.3 cm（焦点からの距離 100 cm の位置）である。また，焦点-イメージインテンシファイア間距離は 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，絞り及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。



3. 測定方法および検討項目

X線診療室内の測定位置を 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。測定位置は，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，X線装置の周辺に 4 か所設置した。測定位置 No.1～3 の間隔は 50 cm である。また，アイソセンタから測定位置 No.4 までの距離は 120 cm である。術者の位置は医療機関によって異なる可能性があるが，本論文では安全側に考えて最も線量が高くなる No.1 の位置を医師（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測定機材（以下，ポール）の表面に装着して設置した。ポールには床から高さ 100 cm（体幹部中心）に放射線測定器としてルミネス線量計を，150 cm（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，測定位置 No.1 では床からの高さ方向に 90～160 cm に 10 cm 間隔でルミネス線量計を配置し 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胸部が向かって右側（H 方向）で腹部が向かって左側（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，防護クロスを使用した場合や使用していない場合もすべて 30 分間測定した。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，No.1 側とその反対側は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

*1: アイソセンタからX方向への距離 (cm)
*2: アイソセンタから患者の体軸方向の距離 (cm)

● ポール設置位置

Fig.1 測定位置

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時のみ装着する。さらに、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。

さらに、防護クロスの線量低減率は下記の式(1)を用いた。

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

4. 倫理的配慮

本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会に申請し、人を対象とした医学的研究に対して非該当の判断を得て行った（審査番号 PAZ21-4. 判定通知日 2021 年 4 月 27 日）。

C 研究結果

Table 1 ERCP検査における防護クロスの有無と鉛当量別のX線診療室内の線量率

防護クロスの有無と鉛当量（mmPb）								
測定位置	高さ	無	0.125		0.175		0.25	
			線量率	線量低減率(%)	線量率	線量低減率(%)	線量率	線量低減率(%)
1	150cm ^{*1}	4.56	0.82	82	0.22	95	0.22	95
	100cm ^{*2}	2.28	0.42	82	0.16	93	0.18	92
2	150cm ^{*1}	1.18	0.04	97	0.16	86	0.18	85
	100cm ^{*2}	0.72	0.02	97	0.08	89	0.12	83
3	150cm ^{*1}	0.42	0.00	100	0.04	90	0.04	90
	100cm ^{*2}	0.22	0.00	100	0.02	91	0.12	45
4	150cm ^{*1}	0.30	0.02	93	0.06	80	0.02	93
	100cm ^{*2}	0.12	0.02	83	0.02	83	0.10	17

*1 : 3 m線量当量率 (mSv/h)

*2 : 1 cm線量当量率 (mSv/h)

Table 1 に床から 100cm と 150cm の 1 時間あたりに換算した測定値を示す。測定位置 No. 1 の地点の線量は、防護クロスを使用しない場合で、高さ 100cm で 2.28 mSv/h、150cm で 4.56 mSv/h であった。同様に防護クロスを使用した場合の 100cm と 150cm の 1 時間あたりに換算した測定値は、鉛当量別に、0.042 mSv/h、0.82 mSv/h (0.125 mmPb)、0.16 mSv/h、0.22 mSv/h (0.175 mmPb) ならびに 0.18 mSv/h、

0.22 mSv/h (0.25 mmPb) であった。また、防護クロス の線量低減率は、術者の位置である No.1 において、それぞれ鉛当量別に、鉛当量 0.125 mmPb : 82%, 鉛当量 0.175 mmPb 93~95% および鉛当量 0.25 mmPb : 92~95% であった。No.2~4 における線量低減率は、No.3 と No.4 の高さ 100 cm の線量低減率が、それぞれ 45% と 17% と低くなった以外は、80% 以上であった。

また、測定位置 No.1 の 1 時間あたりに換算した測定値 (1 cm 線量当量) と線量低減率を床からの高さ別に Table 2, Fig2 および Fig.3 に示す。防護クロス の線量低減率はそれぞれ鉛当量別に、鉛当量 0.125 mmPb : 82~86%, 鉛当量 0.175 mmPb 86~94% および鉛当量 0.25 mmPb : 87~96% であった。

Table 2 ERCP検査術者位置における鉛当量別ならびに高さ方向別の線量低減率

高さ (cm)	防護クロス (鉛当量)						
	無	0.125 mmPb		0.175 mmPb		0.25 mmPb	
	1 cm線量 当量率 (mSv/h)	1 cm線量 当量率 (mSv/h)	線量低減率 (%)	1 cm線量 当量率 (mSv/h)	線量低減率 (%)	1 cm線量 当量率 (mSv/h)	線量低減率 (%)
90	1.94	0.32	84	0.18	91	0.26	87
100	2.28	0.42	82	0.22	90	0.22	90
110	2.82	0.46	84	0.26	91	0.18	94
120	3.26	0.54	83	0.26	92	0.30	91
130	3.38	0.54	84	0.26	92	0.20	94
140	2.92	0.46	84	0.20	93	0.18	94
150	2.78	0.40	86	0.16	94	0.14	95
160	2.30	0.42	82	0.32	86	0.10	96

線量低減率 (%)

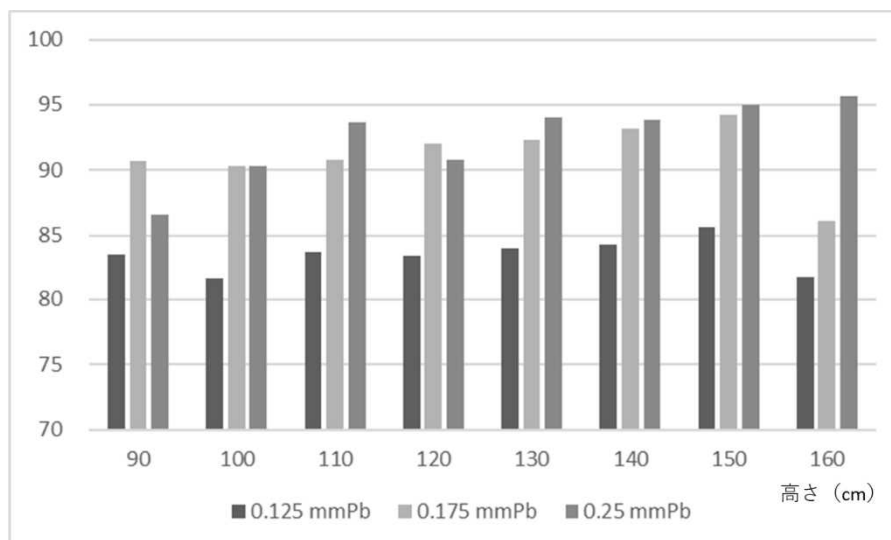


Fig.2 ERCP検査時における防護クロス の鉛当量別および高さ方向別線量低減率

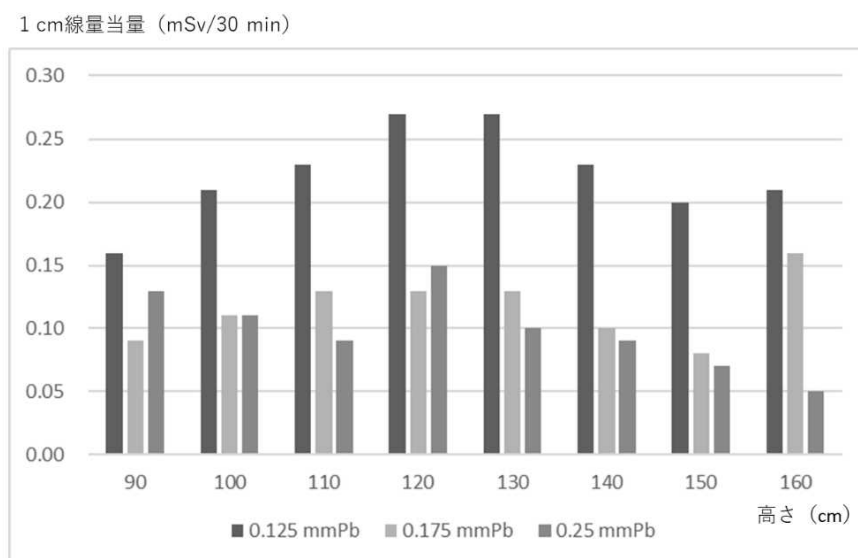


Fig.3 ERCP検査時における防護クロスの鉛当量別ならびに高さ方向別の散乱線量

D 考察

1. 放射線測定器の測定精度

本研究における測定は1回のみであるため測定値は変動する可能性がある。ただし、ルミネス線量計の線量計素子であるOSLDは γ 線に対して0.05 mSvから1 Svの線量測定範囲（報告値は0.01 mSvから）でレスポンスの変動は $\pm 5\%$ 以内で0.03 mSvにおいても10%以内である。また、ビジョン線量計は日本工業会規格JISZ4345¹³⁾を満たしている。したがって、ビジョン線量計の変動計数は、X・ γ 線の3 mm線量当量測定としての変動係数許容範囲である、0.1 mSv未満で15%以下、0.1 mSv以上1.1 mSv未満（ $16-3$ mm線量当量 (mSv) /0.1 mSv) %以下ならびに1.1 mSv以上5%以下の範囲にあると考えられる。

2. 測定位置による線量差と防護クロスの低減率

防護クロスを使用しない場合の線量はNo.1からNo.4になるにしたがって低くなった。これはアイソセンタから距離が離れることによる影響が大きいのと考えられた。また、No.3とNo.4における鉛当量0.25 mmPbの防護クロスの高さ100 cmの線量低減率が、それぞれ45%と17%と低くなったのは、患者の頭部側の防護クロスの覆い方の違いによるものと考えられた。ただし、他の測定点の線量よりも格段に高くはなっていない。患者の状況に応じて防護クロスの覆い方に工夫が必要と考えられた。

3. 防護クロスの鉛当量の差異による線量低減率

防護クロスは鉛当量別ならびに高さ方向別の線量低減率である Fig. 2 に示すように、術者位置である No. 1 では一番鉛当量の低い 0.125 mmPb の防護クロスであっても 80%以上の線量低減率であった。特に、0.175 mmPb と 0.25 mmPb の鉛当量の防護クロスでは、おおよそ 90%以上の線量低減効果があった。

4. 線量に応じた防護クロスの選択

測定位置 No. 1 の 150 cm の高さの 3 mm 線量当量率は、0.125 mmPb が 0.82 mSv/h、0.175 mmPb および 0.25 mmPb が 0.22 mSv/h であった (Table 1)。一番線量の少ない鉛当量 0.175 mmPb あるいは 0.25 mmPb の線量を 1 とすると最も線量が高くなる 0.125 mmPb が 3.7 となる。もし、0.175 mmPb あるいは 0.25 mmPb の防護クロスを使って眼の水晶体の等価線量が年間 10 mSv である従事者は、鉛当量 0.125 mmPb の防護クロスを使用すると、37 mSv/年となってしまう、“5 年間に 100 mSv” という線量限度を超える可能性が生ずる。したがって、眼の水晶体の等価線量限度に近い場合は鉛当量が高い防護クロスを使用することが推奨される。ただし、鉛当量が高いと防護クロスの重量自体が重くなるため、X 線装置に負荷を与える可能性がある。そのため、防護クロスの選択は総合的に判断することになる。

5. 防護クロス使用時の高さ方向の線量と対策

防護クロスを使用した場合の高さ別の線量は、120～130 cm をピークとする分布を示した (Table 2 および Fig. 3)。防護クロスを使用しない場合でも 130 cm ピークとなっている (Table 2)。X 線透視下の X 線診療室内で従事する場合は、放射線防護衣を着用しており、その線量低減効果も期待できる。また、鉛の総重量が X 線装置の負荷に関係すると考えた場合は、総重量を抑えた上で鉛を効率的に配置すべきである。そのため、放射線防護衣の線量低減効果の見込めない頸部の高さから眼の水晶体のあたりまでの線量をより低減するように防護クロスの鉛の配置を調整することが鉛の効率的な利用に繋がると考えられた。

E 結論

ERCP 検査を想定して、鉛当量の異なる 3 つの防護クロスを用いて線量低減効果を比較・評価した。

術者位置においては、0.125 mmPb から 0.25 mmPb の鉛当量の範囲ではいずれも 80%以上の高い線量低減率が示した。ただし、従事者が線量限度近く被ばくする場合にはより鉛当量の高い防護クロスを使用することを推奨する。

防護クロスの重量が X 線装置に負荷を与える可能性がある場合は、眼の水晶体の高さの線量が効率的に低減されるように防護クロス内の鉛の配置を工夫すべきであると考えられた。

F 謝辞

本研究は令和3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 眞(近畿大学 教授))の研究活動の一環として行った。また、以下の群馬パース大学診療放射線学研究の一環として行った。

群馬パース大学保健科学部放射線学科

樺澤 風紗 菊池 真由 佐藤 一郎 瀧澤 諒哉 千葉 南 松永 遥香
松本 海利 室伏 紗良 柳澤 尚哉 山田 一輝 渡邊 空

G 利益相反

本研究に利益相反はありません。

H 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. 医療科学社 東京 2004.
2. 医療放射線防護連絡協議会. IVR に伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン—Q&A と解説—, ブックレット・シリーズ3 2004.
3. 黒田正子, 原 知里, 後藤理恵. 放射線科看護師が行うリスクマネジメント A to Z. ラナリス 2006;4;2-5.
4. 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 (2021 年改訂版). https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2021/03/JCS2021_Kozuma.pdf Accessed 2022.01.14
5. 竹中完, 細野 眞, 中井敦史, 他. ERCP (内視鏡的逆行性胆管膵管造影) における水晶体被ばくの現状. 日消誌 116, 1053-1055, 2019.
6. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 118: ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs - Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. Annals of the ICRP 2012.
7. 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令. 令和2年4月1日厚生労働省令 第八十二号.
8. 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. <https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/000549964.pdf> Accessed 2020.11.30
9. 渡邊 浩, 近野正哉, 栗原 翔, 他. 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. 日放技誌 2021 年 12 月論文掲載決定
10. 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.

11. 木曾まりこ, 古川善也, 篠原芙美, 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
12. 鈴木朗史, 伊藤 精. OSL 線量計の特性. <https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?10192> . Accessed 2021.03.15
13. JIS Z 4345 「X・ γ 線及び β 線用受動形個人線量当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
14. 水晶体用線量計ビジョン線量計のご紹介. 長瀬ランダウア NL だより 2020;519:3.

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書 6

頭部 CT 検査介助者の水晶体等価線量限度を遵守するための介助回数推定法に関する研究

研究分担者

渡邊 浩 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授)

研究協力者

坂本 肇 (順天堂大学 保健医療学部診療放射線学科 先任准教授)

山本 和幸 (東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師)

今尾 仁 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 助教)

研究要旨

2020 年 4 月、わが国の水晶体の等価線量限度は大幅に引き下げられた。そのため、医療機関には改正された線量限度の遵守と放射線業務従事者の職業被ばく低減が求められている。本研究の目的は、頭部 CT 検査介助者の水晶体等価線量限度を遵守するための介助回数推定法を確立することである。頭部 CT 検査時の介助者の主に水晶体線量を測定した。測定線量は個人線量計を CT 室内に配置したクラフト紙製のポールに張り付けて測定した。患者の代わりに人体ファントムを用いた。アイソセンタに最も近い位置における介助者の水晶体等価線量は頭部 CT 検査 1 回あたり高さ 150cm で 0.401 mSv (3mm 線量当量) (2 ポイントの平均) であった。その結果、改正された水晶体の等価線量限度である 100 mSv/5 年を超えないようにするためには介助は介助者 1 人あたり年平均で 50 回までとする必要があることが分かった。本研究が用いた方法は、水晶体の等価線量限度を超えないための介助回数の推定に有用であることが分かった。

A 研究目的

Computed tomography (CT) 検査の普及は目覚ましく現在の医療に欠くことのできない医療技術となっている^{1,2)}。しかし、患者の動きによる影響を受けるため、小児や外傷時等では患者抑制が必要になる場合もある。例えば、頭部 CT は外傷時の検査として必須となる場合がある。しかし、痛み等から患者が撮影中に動くことが多く、患者の体動抑制のために医療従事者が X 線診療室内に滞在することもある。CT 室内の散乱線量は多いことが知れており、滞在する医療従事者の職業被ばくに注意が必要である³⁻⁷⁾。

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20mSv/年を超えず、いかなる1年間においても50mSv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 (ソウル声明), Pub. 118⁸⁾を刊行した。わが国における現行の水晶体の等価線量限度は150mSv/年であり, 国内での検討を踏まえて⁹⁻¹¹⁾, 1年平均で約7分の1にまで引き下げられた¹²⁾。そのため, 頭部CT検査を介助する医療従事者の水晶体等価線量をはじめ, 職業被ばくの低減と線量限度の遵守するための方策の実施が求められている。

頭部CT検査介助1回あたりの水晶体の等価線量が測定できれば, 等価線量限度と比較することで等価線量限度を超えないための介助回数が推定でき, 介助回数制限等, 等価線量限度を超えないための方策の検討にも貢献できる。

本研究の目的は, 頭部CT検査介助者の1回あたりの水晶体の等価線量を測定することによって線量限度を遵守するための介助回数を推定する方法を確立することである。

B 研究方法

1. 使用機器

本研究に使用した使用機器等は下記のとおりである。

- ① CT: 東芝メディカルシステムズ株式会社 (現キャノンメディカルシステムズ株式会社) 製全身用X線CT診断装置 Alexion TSX-032A
- ② 人体ファントム: 株式会社京都科学社製 PH-2 可動人体ファントム PBU50
- ③ 線量計:
 - A) 長瀬ランダウア株式会社製光刺激ルミネセンス線量計 (Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD) (以下, ルミネス線量計)¹³⁾
 - B) 長瀬ランダウア株式会社製水晶体等価線量専用線量計 (Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD) (以下, ビジョン線量計)¹⁴⁾

2. 測定方法

線量計配置を Fig. 1 および測定概観を Fig. 2 に示す。頭部CT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。個人線量計は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ポール (以下, ポール) 表面に設置した。測定位置は, CT装置周辺に50 cm間隔で設定した。また, 頭部CT検査の介助に従事する医療従事者の作業する位置を想定し, 最もアイソセンタに近い場所 (No. 1 & 2) にも設定した。

線量計は, すべての位置で, 床から100 cmと150 cmの高さにルミネス線量計は配置した。また, No. 1と11の位置は, 床からの高さ方向に90~160 cmに10 cm間隔でルミネス線量計を配置した。ルミネス線量計は1cm線量当量を測定した。

また、測定位置 No. 1, 2, 11, 14 および 18 の 5 か所の 100 cm と 150 cm の高さにはビジョン線量計を配置し 3 mm 線量当量を測定した。なお、100 cm と 150 cm にはルミネス線量計とビジョン線量計の両方を配置したが、100 cm ではルミネス線量計、150 cm ではビジョン線量計を優先し、優先しなかった線量計はすぎ下方に配置した (Fig. 2)。

患者の代替として、人体と等価物質で作成された人体ファントム (頭部および胸腹部) を患者と同様の仰臥位で X 線装置の患者寝台上に配置した。

なお、X 線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測定素子を 1 個配置した。ルミネ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 0.01mSv である。

3. 頭部 CT 撮影条件

頭部 CT の撮影条件は Table 1 に示すとおりであり、頭部の標準的な撮影条件¹⁵⁾を参考にした。

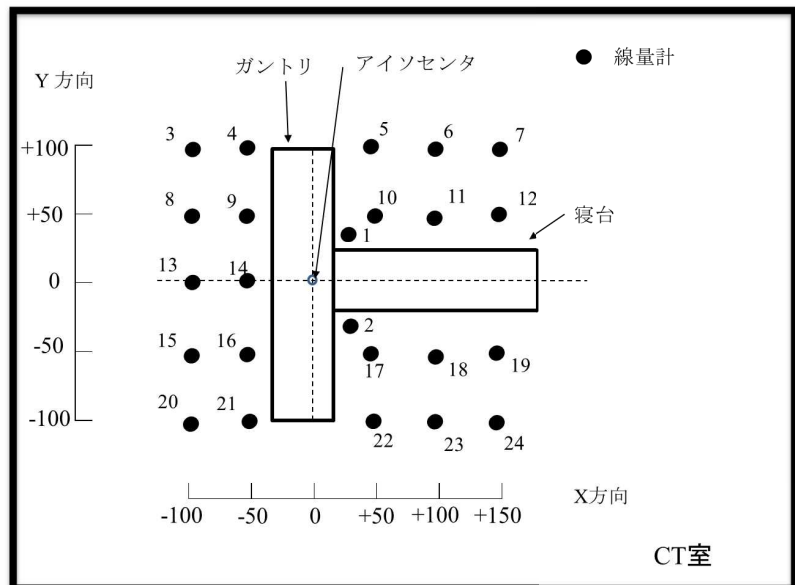


Fig. 1 線量計配置図



Fig. 2 CT室内の測定概観

Table 1 頭部CT検査の撮影条件

部位	管電圧 (kVp)	管電流 (mA)	撮影範囲 (cm)	スキヤンス ピード (sec/rotation)	FOV(cm)	ヘリカルピッチ	ピッチファクタ	スキヤン回数	総DLP (mGy・cm)
頭部	120	200 (Fixed)	170	1	240 (S)	11	0.688	40	57176

4. 倫理的配慮

本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 PAZ21-2)。

C 研究結果

Table 2 および 3 に頭部 CT 検査 1 回あたりの CT 室内の 1 cm 線量当量と 3 mm 線量当量をそれぞれ示す.

CT 室内の高さ 100 cm の 1 cm 線量当量は, 0.008~0.498 mSv であった. また, 高さ 150 cm の 1 cm 線量当量は, 0.006~0.280 mSv であった. 最も高くなったのは, 100 cm と 150 cm の両方ともガントリに最も近い No. 1 の位置であった.

また, 3 mm 線量当量は, 高さ 100 cm では, 0.072~0.812 mSv であった. また, 高さ 150 cm では, 0.099~0.417 mSv であった. 最も高くなったのは, 高さ 100 cm では No. 1, 150 cm では No. 2 で, いずれもアイソセンタに最も近い測定位置であった. 次に, 測定位置 No. 1 と No. 11 における高さ方向の測定 1 cm 線量当量を Table 4 と

Fig. 3 に示す. 測定位置 No. 1 では, 0.055~0.524 mSv であった. また, No. 2 では, 0.035~0.066 mSv であった.

D 考察

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 (報告値は 0.01 mSv から) でレスポンスの変動は $\pm 5\%$ 以内で 0.03 mSv においても 10%以内である. エネルギー特性は 15 keV~1,250 keV の光子エネルギー範囲において 1 cm 線量当量の評価値の変動はいずれも $\pm$

Table 2 頭部CT検査1回あたりのCT室内の測定線量(1 cm線量当量)

高さ (cm)	100	150	備考
1	0.498	0.280	左直近
2	0.496	0.258	右直近
3	0.050	0.044	
4	0.010	0.008	
5	0.120	0.058	
6	0.054	0.051	
7	0.026	0.026	
8	0.059	0.060	
9	0.130	0.111	
10	0.179	0.151	
11	0.047	0.064	左高さ方向測定位置
12	0.015	0.032	
13	0.061	0.058	
14	0.156	0.141	ヘッドレスト側の直近
15	0.066	0.062	
16	0.127	0.116	
17	0.180	0.126	
18	0.046	0.066	No.11の反対側
19	0.016	0.033	
20	0.048	0.044	
21	0.008	0.006	
22	0.100	0.032	
23	0.054	0.054	
24	0.028	0.035	

Table 3 頭部CT検査1回あたりのCT室内の測定線量(3 mm線量当量)

高さ (cm)	100	150	備考
1	0.812	0.384	左直近
2	0.805	0.417	右直近
11	0.072	0.099	左高さ方向測定位置
14	0.247	0.225	ヘッドレスト側の直近
18	0.077	0.106	No.11の反対側

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．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見られない．一方，ビジョン線量計は 2019 年 4 月に日本工業会規格の JISZ4345¹⁶⁾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，株式会社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

Table 4 頭部CT検査1回あたりの高さ方向の測定線量 (1 cm線量当量)

測定位置	1	11
高さ(cm)		
160	0.055	0.061
150	0.280	0.064
140	0.318	0.065
130	0.390	0.066
120	0.450	0.062
110	0.524	0.054
100	0.498	0.047
90	0.482	0.035

少異なるものの線量計素子自体は同じ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¹⁴⁾は，測定線量範囲は X・ γ 線で 0.10 mSv～1,000 mSv (報告値は 0.01 mSv から)，測定エネルギーの範囲は X 線・ γ 線で 15 keV～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 回のみの測定ではあるが，両方の放射線測定器は既に日本工業会規格 JISZ4345¹⁶⁾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．

2. 頭部 CT 検査介助者の線量分布

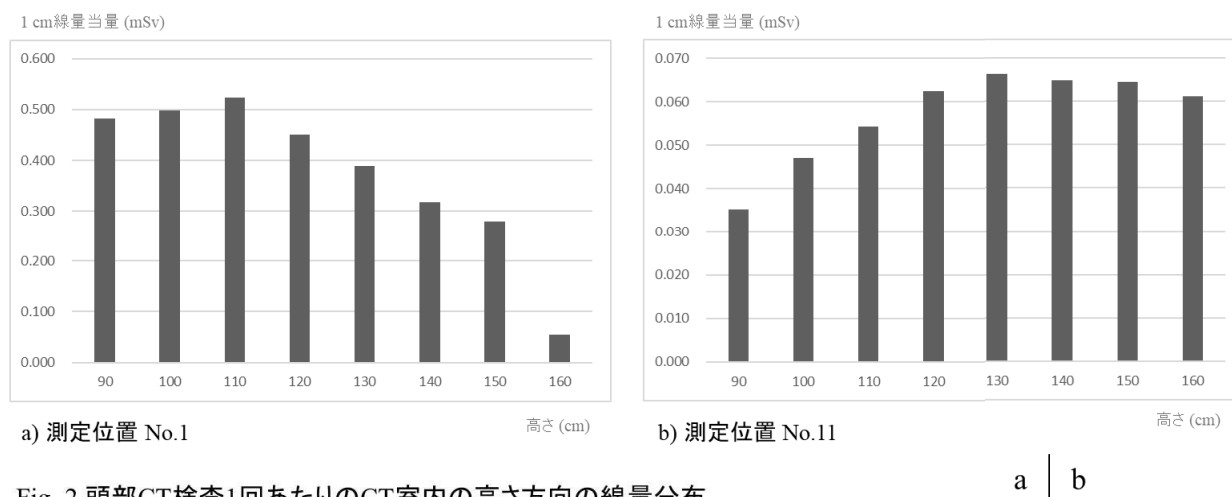


Fig. 2 頭部CT検査1回あたりのCT室内の高さ方向の線量分布

アイソセンタに最も近い測定位置 No. 1 では高さ 110 cm がピークとなる線量分布を示した (Fig. 2 a)．一方，測定位置 No. 1 から約 60 cm 離れた位置の測定位置 No. 11 では高さ 130 cm をピークとする線量分

布となった (Fig. 2 b). 測定位置 No. 1 はガントリに近接する位置であり, Fig. 2 を見て分かるように, 測定位置が高くなると散乱線はガントリの遮蔽を受ける. そのため, 120 cm から 160 cm と高くなるにつれて線量が下がった. 特に, 160 cm の線量が他の高さに比べてかなり低くなったのは, 撮影口径の上縁 (135 cm) よりも高い位置でありガントリの影響を大きく受けたものと考えられる.

また, ガントリに最も近接する測定位置 No. 1 と No. 2 において, 高さ 150 cm の 3 mm 線量当量は 0.384 mSv や 0.417 mSv (平均 0.402 mSv) であった. 一方, No. 11 と No. 18 では 0.106 mSv や 0.099 mSv (平均 0.103 mSv) であり, 平均で 4 倍となる. アイソセンタから距離を離すことが線量低減に繋がることと介助あるいは水晶体の位置によって線量が大きくことなることが確認できた.

したがって, 頭部 CT 検査の介助を行う場合には, 作業内容を踏まえて医療従事者が立つ位置を検討する必要があることが分かった. 特に, ガントリ近傍で作業する場合は, 宮島ら¹⁷⁾や藤淵ら¹⁸⁾が提案しているように, 可能であればガントリで眼の水晶体が遮蔽されるように頭部位置を工夫することが水晶体線量の低減に効果があることが確認できた. ただし, ガントリによる遮蔽が見込めない位置と高さではアイソセンタに近くなると線量が高くなるので注意が必要である.

3. 水晶体等価線量限度を遵守するための介助件数

アイソセンタ近傍である測定位置 No. 1 における眼の水晶体の高さ 150 cm の 3 mm 線量当量は, No. 1 と No. 2 の平均で 0.401 mSv であった. 改訂された眼の水晶体の等価線量限度の年平均は 20 mSv であるので, これを 1 回あたりの等価線量 0.401 mSv で除することにより, 年間に頭部 CT 検査を介助できる回数が求められる. 年間 50 回介助するとおおよそ 20 mSv となる. したがって, 等価線量限度を超えないようにするためには年 50 回, 月平均では 4 回までとなる. ただし, 介助位置や水晶体の高さによって等価線量が異なることに留意する必要がある. また, 防護眼鏡を着用すれば眼の水晶体の等価線量を低減することが可能である. 防護眼鏡の線量低減効果は鉛当量や用い方によって異なるものの概ね 60% 程度とされている¹⁹⁾. この線量低減効果を考慮すると, 1 回あたりの等価線量は約 0.240 mSv となる. 等価線量限度との比較では年間 84 回 (月間 7 回) の介助で 20 mSv を超える.

4. 眼の水晶体の等価線量 (個人線量当量) としての測定の意義

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²⁰⁾ 線量計の不確かさを 1.5 とした場合に, 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つけ, 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. しかし, 線量計の不確かさを考慮した 13 mSv は実際には 20 mSv 近辺である可能性があるということである. また, 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. さらに, 白内障のしきい値は 0.5 Gy とされているので, 5 年間 100 mSv の線量限度では 50 年間従事するとしきい値を超えてしまうことになる. そのため, 線量限度を超えなければ良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。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^{18~20)}。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。

しかし、本研究では、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って事前に配布、着用を判断することを容易にしたと考えられる。頭部CT検査介助者の水晶体等価線量限度を遵守するための介助回数推定において、本法との有用性が示唆された。

5. 研究限界

本研究ではCT装置1台のみで測定を行った。そのため、頭部CT検査1回あたりの介助者の眼の水晶体の等価線量は、CT装置の種類や撮影線量等によって異なる。

E 結論

頭部CT検査の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の等価線量を直接測定して等価線量限度との比較を行った。

頭部CT検査介助者の水晶体の等価線量はCT室内の位置や高さによって異なることが確認できた。そのため、介助の作業内容に応じて位置を変えて介助することが重要である。

水晶体専用の個人線量計を用いて測定することにより、作業あたりの等価線量を直接測定できた。また、等価線量限度を超えないための介助回数推定に有用であることが分かった。また、防護眼鏡および水晶体専用の個人線量計の着用基準の検討を行う上で本研究に用いた方法が有用であることが分かった。

F 謝辞

CTの現在の利用状況について高木 卓氏（千葉市立海浜病院）にご指導いただきましたことに感謝申し上げます。

なお、本研究は令和3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 眞（近畿大学 教授））の研究活動の一環として行った。また、以下の群馬パース大学診療放射線学研究の一環として行った。

群馬パース大学保健科学部放射線学科

樺澤 風紗 菊池 真由 佐藤 一郎 瀧澤 諒哉 千葉 南 松永 遥香

G 利益相反

本研究に利益相反はありません。

H 参考文献

1. 日本医学放射線学会. 画像診断ガイドライン 2016 年版. 金原出版株式会社 東京 2016.
2. 日本脳神経外科学会, 日本脳神経外傷学会. 頭部外傷治療・管理のガイドライン第 4 版. 医学書院 東京 2019.
3. 宮島隆一, 藤淵俊王, 宮地優介, 他. X 線 CT 撮影の介助時における医療従事者被ばくの効果的な防護方法について. 日放技学誌 2018; 74: 326-334. PMID: 29681599
4. 鈴木昇一, 浅田恭生, 南一幸, 他. CT 装置の室内散乱線分布と術者の線量. 医科器械学 2001; 71: 227-230.
5. 富田博信, 諸澄 邦彦. OSL 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: 1550-1554. PMID:15568007
6. Stoeckelhuber BM, Leibecke T, Schulz E, et al. Radiation dose to the radiologist's hand during continuous CT fluoroscopy-guided interventions. Cardiovasc Intervent Radiol 2005; 28: 589-594. PMID:16132384
7. 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 (2021 年改訂版). https://www.j-circ.or.jp/old/guideline/pdf/JCS2011_nagai_rad_h.pdf Accessed 2020.10.30
8. ICRP Publication 118 ダウンロード版. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs - Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context ICRP . <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP+Publication+118> Accessed 2020.04.28
9. 日本保健物理学会. 水晶体の線量限度に関する専門研究会報告書. 2018 <http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/news/page.cgi?id=97> Accessed 2021.01.18
10. 放射線審議会 眼の水晶体の放射線防護検討部会. 眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について (意見具申). 平成 30 年 3 月 2 日付け原規放発第 18030211 号. 2018.
11. 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会の報告書. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_06824.html Accessed 2020.04.28
12. 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令. 令和 2 年 4 月 1 日厚生労働省令 第八十二号.

13. 鈴木朗史, 伊藤 精. OSL 線量計の特性. <https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?10192> . Accessed 2021.03.15
14. 水晶体用線量計ビジョン線量計のご紹介. 長瀬ランダウア NL だより 2020;519:3.
15. 日本放射線技術学会. X 線 CT 撮影における標準化～GALACTIC～ (改訂 2 版). 日本放射線技術学会 2015.
16. JIS Z 4345 「X・ γ 線及び β 線用受動形個人線量当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
17. 宮島隆一, 藤淵俊王, 宮地優介, 他. X 線 CT 撮影の介助時における医療従事者被ばくの効果的な防護方法について. 日放技誌 2018;74(4):326-334.
18. 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. 日放技誌 2019;75(11):1297-1307.
19. Kato M, Chida K, Ishida T, et al. Occupational radiation exposure of the eye in neurovascular interventional physician. Radiat Prot Dosimetry 2019; 185: 151-156.
20. 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 . <http://www.jhps.or.jp/upimg/files/suishotai-guideline.pdf> Accessed 2021.06.20

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書7
ポール法を用いた個人線量当量測定の変動係数と後方散乱係数に関する研究

研究分担者

渡邊 浩 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授)

研究協力者

坂本 肇 (順天堂大学 保健医療学部診療放射線学科 教授)

山本 和幸 (東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師)

今尾 仁 (群馬パース大学 保健科学部放射線学科 助教)

研究要旨

X線診療室内の散乱X線は検査室内で医療行為を行う医療従事者の最も大きな被曝要因であることが知られている。そのため、検査室内の空間散乱線量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。クラフト紙とプラスチックで作成したポール上で測定する方法(以下、ポール法)がある。この方法は1度の測定で簡便に複数個所の個人線量当量を測定できるが、測定精度に関する報告は少ない。本研究の目的はポール法による個人線量当量の測定精度を高めるためにはこれらの因子の影響を同定することが必要である。X線TV装置とX線CT装置が設置されているX線診療室内でポール表面に個人線量計を配置して散乱線量を測定した。個人線量当量測定用線量計であるルミネス線量計ならびにビジョン線量計は、いずれも変動係数が10%以内であり、測定条件を考慮すれば測定使用に問題がないことが確認できた。また、ポールの後方散乱係数はクラフト紙製でありファントム上よりも若干低く1.1~1.3程度ではないかと考えられた。しかし、眼の水晶体の高さで測定する場合には後方散乱係数が異なる可能性があることに留意する必要があると考えられた。

A 研究目的

近年、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)検査又は治療(ERCP 検査)もその一つであり、ドレナージを同時に行う場合が多いため、X線透視時間が増加する傾向にある。ERCP 検査では内視鏡の位置を確認するため等にX線透視を使うことが多い。また、Computed tomography (CT) 検査の普及は目覚ましく現在の医

療に欠くことのできない医療技術となっている。頭部 CT は外傷時の検査として必須であるが痛み等から患者が撮影中に動くことが多く、患者の体動は良質な画像取得の障害となる。そのため、患者の体動抑制のために医療従事者が X 線診療室内に滞在することもある。X 線診療室内の散乱 X 線は検査室内で医療行為を行う医療従事者の最も大きな被曝要因であることが知られている^{1~5)}。そのため、検査室内の空間散乱線量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。

医師を中心として散乱線による被ばく線量を低減するためには X 線診療室内の散乱線量分布図を作成し可視化することが有効である。しかし、散乱線の測定には時間を要するだけでなく測定者も被ばくするという課題があった。また、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^{6,7)}。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。

そこで、渡邊ら⁸⁾はクラフト紙とプラスチックで作成したポールを多数 X 線診療室内に設置し、ポール表面の個人線量当量測定用線量計を配置することで、1 度の測定で簡便に個人線量当量を測定することを提案している。

しかし、個人線量当量に用いられる線量計の変動係数に関する報告は少ない。また、個人線量当量は本来人体表面に装着して測定するため、後方からの散乱線の自己遮蔽と前方からの散乱線の後方散乱の両方が存在する。ポールはクラフト紙上で測定するため両者に相違が生じている可能性がある。ポール法による個人線量当量の測定精度を高めるためにはこれらの因子の影響を同定することが必要である。

そこで、個人線量当量測定用線量計の変動率ならびに後方散乱係数の評価を行ったので報告する。

B 研究方法

1. 使用機器等

本研究に使用した使用機器等は下記のとおりである。

- ① 東芝メディカルシステムズ株式会社（現キャノンメディカルシステムズ株式会社）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
- ② CT：東芝メディカルシステムズ株式会社（現キャノンメディカルシステムズ株式会社）製全身用 X 線 CT 診断装置 Alexion TSX-032A
- ③ 被写体（ファントム）：株式会社京都科学社製 PH-2 可動人体ファントム PBU50
- ④ ポール

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。

⑤ 線量計：

- (ア) 長瀬ランダウア株式会社製光刺激ルミネッセンス線量計（Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD）（以下、ルミネス線量計）^{9,10)}

- (イ) 長瀬ランダウア株式会社製水晶体等価線量専用線量計 (Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD) (以下, ビジョン線量計)¹¹⁾

2. X線透視・撮影条件および幾何学的配置

2-1 X線TV装置

X線TV装置の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 cm × 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, 絞り及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 (アイソセンタの高さ) が床から 100 cm となる. ビジョン線量計の高さは 150 cm のため, アイソセンタとビジョン線量計の角度は 45° である.

2-2 X線CT装置

頭部CT検査の撮影条件は Table 1 に示すとおりである. また, CTのアイソセンタの高さは床から 100 cm である. ビジョン線量計の高さは 150 cm のため, アイソセンタとビジョン線量計の角度は 27° である.

Table 1 頭部CT検査の撮影条件

部位	管電圧 (kVp)	管電流 (mA)	撮影範囲 (cm)	スキヤンス ビード (sec/rotation)	FOV(cm)	ヘリカルピッチ	ビッチファクタ	スキヤン回数	総DLP (mGy・cm)
頭部	120	200 (Fixed)	170	1	240 (S)	11	0.688	40	57176

る.

3. 検討項目および測定条件

検討項目は変動係数と後方散乱係数とした. ただし, 後方散乱係数はX線TV装置を用いたERCP検査のケースだけで測定した.

ルミネス線量計は, 床から高さ 100 cm (体幹部中心), ビジョン線量計は 150 cm (水晶体) の位置に配置し, それぞれ 1 cm 線量当量と 3 mm 線量当量を測定した. また, 個人線量計はアイソセンタの方向を向くように配置した. なお, X線CT装置の回転中心であるアイソセンタの高さは床から 100 cm である.

次に, X線CT装置は頭部CT検査を 25 回撮影して測定した. さらに, 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.

3-1 変動係数

X線TV装置およびX線CT装置のX線診療室内の測定位置をそれぞれFig.1とFig.2に示す。個人線量計はそれぞれ5個ならべて配置した。変動計数は下記の式(1)を用いて算定した。

$$\text{変動係数 (\%)} = \left(\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均}} \right) \times 100 \quad \text{----- (1)}$$

3-2 後方散乱係数

測定は、下記の3方式で測定した。

① 空間線量測定（後方散乱無）

測定概観をFig.3に示す。2つのポールの間にテープを張り、ビニール製のテープ上に個人線量計を5個ならべて配置した。

② ポール表面上測定

ポール上に個人線量計を配置した。

③ 人体ファントム表面上測定

ERCP検査の術者を想定した人体ファントムの表面に個人線量計を配置した。

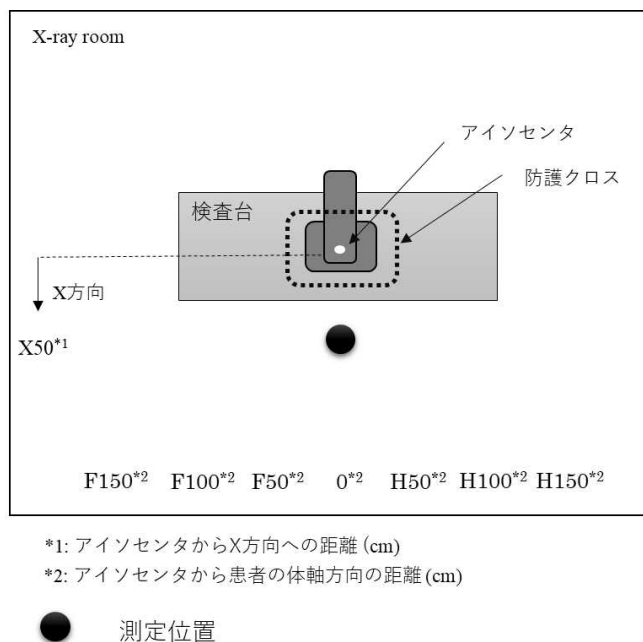


Fig.1 X線TV装置の測定位置

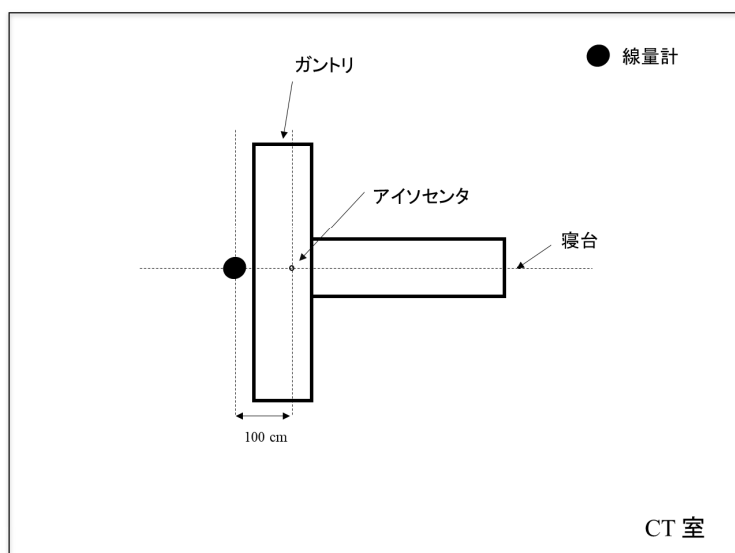


Fig.2 X線CT装置の線量計配置図

ポールおよびファントム表面の後方散乱係数は、それぞれ下記の式 (2) と (3) を用いて算定した。

$$\text{ポールの後方散乱係数} = \text{ポール表面上測定値} / \text{空間線量測定値} \text{ ----- (2)}$$

$$\text{人体ファントムの後方散乱係数} = \text{人体ファントム表面上測定値} / \text{空間線量測定値} \text{ --- (3)}$$

4. 倫理的配慮

本研究は群馬パース大学研究倫理審査委員会に申請し、人を対象とした医学的研究に対して非該当の判定を得て行った（受付番号 PAZ21-5）。

C 研究結果



Fig. 3 変動係数測定線の量計配置概観

1. 変動係数

1-1 X 線 TV 装置

測定した 5 個のルミネス線量計ならびに個人線量計の平均値，標準偏差ならびに変動係数は，ルミネス線量計は 0.97 ± 0.07 mSv，7.6%，ビジョン線量計は 2.08 ± 0.04 mSv，2.0%であった。

1-2 X 線 CT 装置

測定した 5 個のルミネス線量計ならびに個人線量計の平均値，標準偏差ならびに変動係数は，ルミネス線量計は 5.9 ± 0.15 mSv，2.5%，ビジョン線量計は 4.1 ± 0.17 mSv，4.3%，であった。

2. 後方散乱係数

測定値および後方散乱係数とポール上線量からファントム上線量への換算値を Table 2 に示す。

D 考察

1. 変動係数

ルミネス線量計の変動係数は X 線 CT 装置を使用した測定では 2.5%，X 線 TV 装置を使用した測定では 7.6%であった。長瀬ランダウア社が提供する OSLD の変動係数が γ 線に対して 0.05 mSv から 1 Sv の線量測定範囲で $\pm 5\%$ 以内である。X 線 TV 装置の変動係数が若干高い。本研究で求めた散乱係数はまったく同じ位置ではなく 5 個の線量計をならべて測定したものであり，その影響が出た可能性がある。

その影響を考慮するとおおむね妥当な結果ではないかと考える。したがって、ポールと個人線量計を用いた個人線量当量を直接測定する方法の変動係数に大きな問題がないことが確認できた。

2. 後方散乱係数

ルミネス線量計の高さ 100 cm におけるポールおよびファントム上で測定した場合の後方散乱係数は、それぞれ 1.26 および 1.50 であった。ビジョン線量計の高さ 100 cm におけるポールおよびファントム上で測定した場合の後方散乱係数は、それぞれ 1.10 および 1.33 であった。人体の後方散乱は 1.3～1.5 とされている¹²⁻¹⁴⁾のでビジョン線量計が若干低いもののファントム上の後方散乱係数は従来の報告とほぼ同じになった。したがって、ポールの後方散乱係数は 1.1～1.3 程度ではないかと考えられた。

Table 2 測定値ならびに後方散乱係数およびポール上線量からファントム上線量への換算値

線量計	ルミネス線量計		ビジョン線量計	
測定線量	1 cm線量当量		3 mm線量当量	
高さ	100 cm	150 cm	100 cm	150 cm
空間線量	0.90	1.34	1.71	2.18
ポール上線量	1.14	1.46	1.97	2.40
ファントム上線量	1.35	1.53	2.27	2.49
後方散乱係数：ポール	1.26	1.09	1.15	1.10
後方散乱係数：ファントム	1.50	1.14	1.33	1.14
換算係数：ファントム/ポール	1.19	1.05	1.15	1.04

しかし、ルミネス線量計の高さ 150 cm におけるポールおよびファントム上で測定した場合の後方散乱係数は、それぞれ 1.09 および 1.14 であった。また、ビジョン線量計の高さ 150 cm におけるポールおよびファントム上で測定した場合の後方散乱係数は、それぞれ 1.10 および 1.14 であった。どちらも高さ 100 cm の場合よりも低くなった。また、ポールとファントムの差はほとんどなくなった。長瀬ランダウア社のデータによると、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。本研究のアイソセンタと線量計の角度は、X 線 TV 装置ならびに X 線 CT 装置は、それぞれ 45° と 27° であった。X 線 TV 装置では 30° を超えているのでこの影響の可能性がある。また、後方散乱係数は散乱体に垂直に放射線が照射されることを前提としているので、斜入する場合は後方散乱の割合は変わるものと考えられる。したがって、水晶体の高さに装着する個人線量計の場合は後方散乱が少ないことを考慮して測定値を評価することになる。今後、斜入する角度別の後方散乱の割合や方向依存性を中心に検証研究を重ねて精度を高めていく必要がある。

E 結論

個人線量当量測定用線量計であるルミネス線量計ならびにビジョン線量計を用いて X 線 TV 装置ならびに X 線 CT 装置を設置した X 線診療室内の散乱線の測定を行い、変動率ならびに後方散乱係数の評価

を行った。ルミネ線量計ならびにビジョン線量計のいずれも変動係数は 10%以内であり、測定使用に問題がないことが確認できた。

また、アイソセンタとほぼ同じ高さである床から 100 cm の高さのファントム上での後方散乱係数はこれまで報告されているとおり 1.3~1.5 と考えられた。また、ボールの後方散乱係数はクラフト紙製でありファントム上よりも若干低く 1.1~1.3 程度ではないかと考えられた。しかし、150 cm におけるボールおよびファントム上で測定した場合の後方散乱係数は、おおよそ 1.10 であった。アイソセンタに最も近い位置では、測定位置とアイソセンタの角度が 45° 程度であることから、射入するために後方散乱係数が低くなったと考えられた。眼の水晶体の高さで測定する場合には後方散乱係数が異なることに留意する必要があると考えられた。

F 謝辞

本研究は令和 3 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 眞（近畿大学 教授））の研究活動の一環として行った。また、以下の群馬パース大学診療放射線学研究の一環として行った。

群馬パース大学保健科学部放射線学科

樺澤 風紗 菊池 真由 佐藤 一郎 瀧澤 諒哉 千葉 南 松永 遥香
松本 海利 室伏 紗良 柳澤 尚哉 山田 一輝 渡邊 空

G 利益相反

本研究に利益相反はありません。

H 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．医療科学社 東京 2004.
2. 医療放射線防護連絡協議会．IVR に伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン—Q&A と解説—，ブックレット・シリーズ 3 2004.
3. 黒田正子，原 知里，後藤理恵．放射線科看護師が行うリスクマネジメント A to Z．ラナリス 2006;4;2-5.
4. 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（2021 年改訂版）．https://www.j-circ.or.jp/old/guideline/pdf/JCS2011_nagai_rad_h.pdf Accessed 2020.10.30
5. 竹中完，細野 眞，中井敦史，他．ERCP（内視鏡的逆行性胆管膵管造影）における水晶体被ばくの現状．日消誌 116，1053-1055，2019.

6. 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. 日放技誌 2016;72(11): 1144-1151.
7. 宮川 潤, 窪田寛之, 松原孝祐, 他, コリメータカバーを含む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. 2017;73(8): 680-688.
8. 渡邊 浩, 近野正哉, 藤田佑香, 他. 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. 日放技誌 2022;78(4)掲載決定
9. 鈴木朗史, 伊藤 精. OSL 線量計の特性. <https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?10192> . Accessed 2021.03.15
10. JIS Z 4345 「X・ γ 線及び β 線用受動形個人線量当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
11. 水晶体用線量計ビジョン線量計のご紹介. 長瀬ランダウア NL だより 2020;519:3.
12. Klevenhagen SC. Experimentally determined backscatter factors for x-rays generated at voltages between 16 and 140 kV. Phys Med Biol 1989;34(12):1871-1882.
13. Grosswendt B. Dependence of the phantom backscatter factor for water on source to phantom distance and irradiation field size. Phys Med Biol 1990;35(9):1990.
14. 加藤秀起. 微分後方散乱係数を用いた診断 X 線の後方散乱係数算出法. 日放技誌 2001;57(12):1503-1510.

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書 8

散乱線の実効エネルギー測定ならびに線量影響に関する研究（水晶体の等価線量を中心に）

研究分担者

渡邊 浩 （群馬パース大学 保健科学部放射線学科 教授）

研究協力者

坂本 肇 （順天堂大学 保健医療学部診療放射線学科 教授）

山本 和幸 （東海大学医学部付属病院 診療技術部放射線技術科 診療放射線技師）

今尾 仁 （群馬パース大学 保健科学部放射線学科 助教）

研究要旨

検査室内の散乱線量を個人線量計を用いて直接水晶体等価線量を測定することは重要である。水晶体専用放射線測定器は2社から供給・販売されているが、測定素子にはいずれもエネルギー依存性がある。特に医療分野の主な被ばく要因であるX線診療室内の散乱線の実効エネルギーは低く、エネルギー依存性の影響を大きく受け過大に評価する可能性がある。本研究の目的はX線診療室内の散乱線の実効エネルギーを測定し線量影響を検討することである。X線TV装置とX線CT装置を設置したX線診療室内の散乱線量を測定した。X線TV装置には散乱線を低減する防護クロスを使用した場合と使用しない場合の両方で測定した。X線TV装置を用いたERCP検査の術者位置において、防護クロスを使用した場合、鉛当量の多寡に関係なく防護クロスのフィルタ効果により実効エネルギーが高くなった。水晶体等価線量測定専用のビジョン線量計はエネルギーの補正機構を持たないことから、ルミネス線量計よりも3 mm線量当量を過大評価する可能性が示唆された。

A 研究目的

近年、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)検査又は治療（ERCP 検査）もその一つであり、ドレナージを同時に行う場合が多いため、X線透視時間が増加する傾向にある。ERCP 検査では内視鏡の位置を確認するため等にX線透視を使うことが多い。また、Computed tomography (CT) 検査の普及は目覚ましく現在の医療に欠くことのできない医療技術となっている。頭部CTは外傷時の検査として必須であるが痛み等か

ら患者が撮影中に動くことが多く患者の体動抑制のために医療従事者が X 線診療室内に滞在することもある。これらの放射線検査に使用する X 線（一次線）は患者に照射されるが、照射された X 線は患者に照射された後、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 線は検査室内で医療行為を行う医療従事者の最も大きな被曝要因である¹⁻⁵⁾。そのため、検査室内の空間散乱線量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。

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 20mSv/年を超えず、いかなる 1 年間においても 50mSv 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（ソウル声明）、Pub. 118⁶⁾を刊行した。わが国における現行の水晶体の等価線量限度は 150mSv/年であり、1 年平均で約 7 分の 1 にまで引き下げられた⁷⁾。そのため、これまでよりも積極的に医療従事者の職業被ばくを低減する必要がある。

水晶体専用放射線測定器は 2 社から供給・販売されているが、測定素子にはいずれもエネルギー依存性がある。特に医療分野の主な被ばく要因である X 線診療室内の散乱線の実効エネルギーは低く、エネルギー依存性の影響を大きく受け過大に評価する可能性がある。水晶体の等価線量限度が大幅に引き下げられた中、過大評価するということは線量限度を遵守するためには IVR 等の放射線診療の件数を抑制することになりかねない。

本研究の目的は X 線診療室内の散乱線の実効エネルギーを測定し線量影響を検討することである。

B 研究方法

1. 使用機器等

本研究に使用した使用機器等は下記のとおりである。

- ① 東芝メディカルシステムズ株式会社（現キャノンメディカルシステムズ株式会社）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
- ② CT：東芝メディカルシステムズ株式会社（現キャノンメディカルシステムズ株式会社）製全身用 X 線 CT 診断装置 Alexion TSX-032A
- ③ 被写体（ファントム）：株式会社京都科学社製 PH-2 可動人体ファントム PBU50
- ④ ポール
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。
- ⑤ 線量計：
 - (ア) 長瀬ランダウア株式会社製光刺激ルミネッセンス線量計（Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD）（以下、ルミネス線量計）^{8,9)}
 - (イ) 長瀬ランダウア株式会社製水晶体等価線量専用線量計（Optically stimulated luminescence dosimeter, OSLD）（以下、ビジョン線量計）¹⁰⁾
- ⑥ 防護クロス

(ア) 株式会社保科製作所社製「散乱線防護クロス NP」(鉛当量 0.25 mmPb, 重量 7.0 kg)

(イ) 株式会社マエダ社製「TI-WINSCOPE 用-18 4面」(鉛当量はそれぞれ 0.125 mmPb および 0.175 mmPb, 重量はそれぞれ 5.1 kg および 5.7 kg)

2. X線透視・撮影条件および幾何学的配置

2-1 X線 TV 装置

X線 TV 装置の 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 cm × 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, 絞り及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.

2-2 X線 CT 装置

頭部 CT 検査の撮影条件は Table 1 に示すとおりである

Table 1 頭部CT検査の撮影条件

部位	管電圧 (kVp)	管電流 (mA)	撮影範囲 (cm)	スキャンス ピード (sec/rotation)	FOV(cm)	ヘリカルピッチ	ピッチファクタ	スキャン回数	総DLP (mGy・cm)
頭部	120	200 (Fixed)	170	1	240 (S)	11	0.688	40	57176

3. 測定方法および検討項目

X線診療室内の測定位置を 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. 測定位置は, 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 3 か所設置した. また, R 方向に 1 か所設置した. 術者の位置は医療機関によって異なる可能性があるが, 本論文では安全側に考えて最も線量が高くなる No. 1 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ポールの表面に装着して設置した. この測定用機材には床から高さ 100 cm

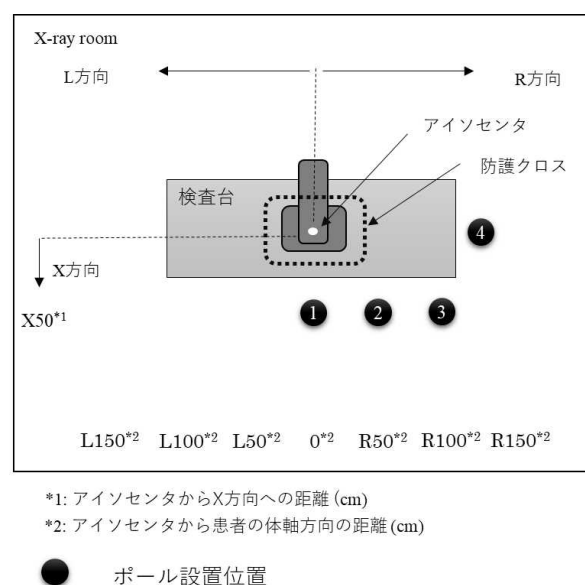


Fig.1 測定位置

(体幹部中心) にルミネス線量計, 100 cm (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 か所では床からの高さ方向に 90~160 cm に 10 cm 間隔でルミネス線量計を配置し 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) で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, 防護クロスを使用した場合や使用していない場合もすべて 30 分間測定した. 連続 30 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時のみ装着する.

次に, X 線 CT 装置は頭部 CT 検査を 25 回撮影して測定した.

なお, 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. また, ルミネ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.

4. 実効エネルギーの表記方法

実効エネルギーは長瀬ランダウア社がフィルタ無を含めた 4 つのフィルタを用いて評価したものをそのまま下記のように記した.

$a*b(c)$

a : 測定された X 線の割合 (%)

b : 測定された X 線の実効エネルギー (keV)

c : 測定された X 線の入射方向. 0 は線量計に水平および垂直方向に角度無しに入射.

V は水平方向の角度. H は垂直方向の角度

5. 倫理的配慮

本研究は, 人を対象とした医学的研究に該当しないが, 群馬パース大学研究倫理審査委員会の方針に基づいて申請し, 承認を得て行った (承認番号 PAZ21-3).

C 研究結果

Table 2 ERCP検査を想定したX線診療室内の実効エネルギー

測定位置		1								2		3		4	
高さ (cm)		90	100	110	120	130	140	150	160	300	150	100	150	100	150
防護クロス (一)		+34*33(0)+59*4 8(0)+6*33(H- 60)	+28*33(0)+58*4 8(0)+1*33(H+60) +8*33(V+60)+ 2*33(V-60)	+41*33(0)+53*4 8(0)+5*33(H+60) +5*33(H+60)	+48*33(0)+45*4 8(0)+5*33(H+60)	100*33(0)	100*33(0)	100*33(0)	100*33(0)	+50*33(0)+46*4 8(0)+1*33(V-60)	100*33(0)	+29*33(0)+55*4 8(0)+2*33(H+60) +10*33(V+60) +1*33(V-60)	+62*33(0)+37*4 8(0)	+57*33(0)+42*4 8(0)	+53*33(0)+46*4 8(0)
防護クロ スの有無 と鉛当量	0.125 mmPb	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	+23*33(0)+61*4 8(0)+14*33(H- 60)	100*48(0)	100*48(0)	+78*48(0)+21*3 3(H-60)	100*48(0)	+99*33(H+60)	100*48(0)
	0.175 mmPb	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	+15*33(0)+70*4 8(0)+13*33(H- 60)	100*48(0)	100*48(0)	100*33(H-60)	+70*48(0)+29*3 3(H+60)	100*48(0)	+54*33(0)+45*4 8(0)
	0.25 mmPb	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*33(0)	100*48(0)	評価不能	+99*33(H+60)	+99*33(H+60)	+63*48(0)+36*3 3(H-60)

1. X線TV装置

ERCP検査を想定したX線診療室内の散乱線の実効エネルギーの測定結果をTable 2に示す。測定された散乱線の実効エネルギーならびに方向が1つではない場合は背景をグレーにした。また、測定位置No. 1における眼の水晶体の高さ(150 cm)の測定線量と実効エネルギーを示す。

2. X線CT装置

頭部CT検査を想定したX線診療室内の散乱線の実効エネルギーの測定結果をTable 4に示す。

D 考察

1. 実効エネルギー

X線TV装置を用いたERCP検査の術者位置(No. 1)において、防護クロス(一)の場合は実効エネルギーは33 keVが多く、また、90 cmから120cmの高さでは多方向から散乱線が測定されている。また、No. 2~4の位置では高さ100 cmと150 cmの両方で測定された散乱線の実効エネルギーは異なっていた。一方、防護クロスを使用した場合、鉛当量の多寡に関係なく実効エネルギーが48 keVのみの散乱線を測定している。これは防護クロスのフィルタ効果により実効エネルギーが高くなったものと考えられる。No. 2の位置も同様である。しかし、No. 3とNo. 4の位置では33 keVの実効エネルギーの散乱線が複数の方向から測定している。No. 3とNo. 4は患者の頭部方向に近く、完全に防護クロスを通じた散乱線だけが測定されているわけではないと考えられ、これが影響しているものと考えられる。

No. 1の位置において術者の眼の水晶体の高さである高さ150 cmの測定線量および実効エネルギー(Table 3)を比較してみると、防護クロスのフィルタ効果で実効エネルギーが33 keVから48 keVに高くなっていることが明瞭に分かる。

Table 3 術者位置 (No.1) における測定線量ならびに実効エネルギー

防護クロスの有無と鉛当量		防護クロス (－)	0.125 mmPb	0.175 mmPb	0.25 mmPb
測定位置		1	1	1	1
高さ (cm)		150	150	150	150
ルミネス 線量計	1 cm線量当量 (mSv)	1.39	0.20	0.08	0.07
	3 mm線量当量 (mSv)	1.51	0.18	0.08	0.07
	実効エネルギー	100*33(0)	100*48(0)	100*48(0)	100*48(0)
ビジョン 線量計	3 mm線量当量 (mSv)	2.28	0.41	0.14	0.09
ビジョン3 mm線量当量/ ルミネス3 mm線量当量比		1.51	2.28	1.75	1.29

X 線 CT 装置の頭部 CT 検査を想定した散乱線の実効エネルギーは X 線 TV 装置の防護クロス (－) で 33 keV が多かったのに比べると 48 keV と実効エネルギーが高い散乱線が多くなった。これは、X 線 CT 装置の一次 X 線が 120 kV と、X 線 TV 装置の一次線の 95 kV よりも高いことが原因と考えられる。

2. 3 mm 線量当量の比較

X 線 TV 装置を使用した ERCP 検査を想定した X 線診療室内の術者位置において、ビジョン線量計により測定された 3 mm 線量当量はルミネス線量計により測定された 3 mm 線量当量よりも 1.29 から 2.28 倍になった。また、頭部 CT 検査を想定した X 線診療室内のビジョン線量計により測定された 3 mm 線量当量はルミネス線量計により測定された 3 mm 線量当量よりも 1.25 倍と 1.53 倍になった。ルミネス線量計はフィルタ無を含む 4 つのフィルタから実効エネルギーを補正して 1 cm 線量当量と 3 mm 線量当量を算定している。しかし、ビジョン線量計にはフィルタはなく、低エネルギー帯においては過大評価する。数十 keV のエネルギー帯は特に過大評価するため、その影響を受けたものと考えられる。

Table 4 頭部CT検査を想定したX線診療室内の測定線量ならびに実効エネルギー

高さ (cm)	測定位置									
	1					11				
	ルミネス線量計	1 cm 線量当量 (mSv)	3 mm 線量当量 (mSv)	ビジョン 線量計 3 mm 線量当量 (mSv)	ビジョン 3 mm線 量当量/ ルミネス 3 mm線 量当量比	ルミネス線量計	1 cm 線量当量 (mSv)	3 mm 線量当量 (mSv)	ビジョン 線量計 3 mm 線量当量 (mSv)	ビジョン 3 mm線 量当量/ ルミネス 3 mm線 量当量比
160	+82*48(0)+17*33(H-60)	1.37	1.40	—	—	+23*33(0)+65*48(0)+4* 33(H-60)+6*33(V+60)	1.53	1.57	—	—
150	+14*33(0)+55*48(0)+1 5*33(H+60)+8*33(H- 60)+3*33(V+60)+1*33(V-60)	7.01	7.70	9.61	1.25	+24*33(0)+67*48(0)+1* 33(H+60)+6*33(V-60)	1.61	1.62	2.48	1.53
140	+12*33(0)+62*48(0)+2* 33(H+60)+2*33(H- 60)+16*33(V+60)+1*33 (V-60)	7.94	8.50	—	—	+25*33(0)+66*48(0)+8* 33(H-60)	1.62	1.65	—	—
130	+17*33(0)+62*48(0)+3* 33(H- 60)+12*33(V+60)+3*33 (V-60)	9.74	10.31	—	—	100*48(0)	1.66	1.56	—	—
120	+37*33(0)+56*48(0)+5* 33(H-60)	11.25	11.49	—	—	100*48(0)	1.56	1.47	—	—
110	+31*33(0)+64*48(0)+3* 33(H-60)	13.09	13.11	—	—	100*48(0)	1.36	1.28	—	—
100	+21*33(0)+68*48(0)+8* 33(V-60)	12.44	12.65	—	—	100*48(0)	1.18	1.11	—	—
90	100*48(0)	12.06	11.33	—	—	100*48(0)	0.88	0.83	—	—

E 結論

X線診療室内の散乱線の実効エネルギーを測定し線量影響を検討した。X線TV装置を用いたERCP検査の術者位置において、防護クロスを使用した場合、鉛当量の多寡に関係なく防護クロスのフィルタ効果により実効エネルギーが高くなった。

X線CT装置の一次X線がX線TV装置の一次線よりも高いことから、X線CT装置の頭部CT検査を想定した散乱線の実効エネルギーはX線TV装置の防護クロス(－)の場合よりも高くなった。

また、ビジョン線量計はルミネス線量計よりも3 mm線量当量を過大評価する可能性が示唆された。ルミネス線量計はフィルタによる実効エネルギーの評価と補正がなされているが、ビジョン線量計は補正するシステムがないことにより線量素子の低エネルギー帯の過大評価をする影響をそのまま受けたものと考えられた。

F 謝辞

本研究は令和3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 眞(近畿大学 教授))の研究活動の一環として行った。また、以下の群馬パース大学診療放射線学研究の一環として行った。

群馬パース大学保健科学部放射線学科

樺澤 風紗 菊池 真由 佐藤 一郎 瀧澤 諒哉 千葉 南 松永 遥香
松本 海利 室伏 紗良 柳澤 尚哉 山田 一輝 渡邊 空

G 利益相反

本研究に利益相反はありません。

H 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. 医療科学社 東京 2004.
2. 医療放射線防護連絡協議会. IVRに伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン—Q&Aと解説—, ブックレット・シリーズ3 2004.
3. 黒田正子, 原 知里, 後藤理恵. 放射線科看護師が行うリスクマネージメントA to Z. ラナリス 2006;4;2-5.
4. 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(2021年改訂版). https://www.j-circ.or.jp/old/guideline/pdf/JCS2011_nagai_rad_h.pdf Accessed 2020.10.30
5. 竹中完, 細野 眞, 中井敦史, 他. ERCP(内視鏡的逆行性胆管膵管造影)における水晶体被ばくの現状. 日消誌 116, 1053-1055, 2019.
6. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 118: ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs -

Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. Annals of the ICRP 2012.

7. 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令. 令和2年4月1日厚生労働省令 第八十二号.
8. 鈴木朗史, 伊藤 精. OSL 線量計の特性. <https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?10192> . Accessed 2021.03.15
9. JIS Z 4345 「X・ γ 線及び β 線用受動形個人線量当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
10. 水晶体用線量計ビジョン線量計のご紹介. 長瀬ランダウア NL だより 2020;519:3.

令和3年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書
内視鏡的逆行性胆管膵管造影検査における医療従事者の水晶体被ばくに関する研究

研究分担者

竹中 完 近畿大学医学部内科学教室 消化器内科部門 講師

研究代表者

細野 眞 近畿大学医学部放射線医学教室 教授

研究協力者

坂口 健太 近畿大学病院 中央放射線部 主任

研究要旨

さまざまなX線透視下手技が医療において実施され高度化しているなかで、内視鏡的逆行性胆管膵管造影検査（ERCP）を取り上げ、医師、看護師をはじめ放射線業務従事者の眼の水晶体の等価線量、実効線量を含めた被ばくについて検討した。被ばくは医療スタッフの配置、防護器材・防護衣、X線装置の種類と配置などの要因に大きく影響される。そのデータを蓄積して啓発を行い、可能な方策は早急にとって、被ばくの低減に繋げることが重要である。

A. 研究目的

主課題「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」では、医療における放射線業務従事者の被ばく線量が労働安全衛生法電離放射線障害防止規則（以下、電離則）に基づいて測定・記録されていることに基づいて、その線量値の

調査・集計を行っている。

このような全般的な線量評価の一方で、最近の医療においてさまざまな X 線透視下手技が登場し進化しており、さらに複雑化していることから、担当する放射線業務従事者の被ばくについて、手技に応じたきめ細かな線量評価が必要と考えられる。

そこで本分担課題「内視鏡的逆行性胆管膵管造影検査における医療従事者の水晶体被ばくに関する研究」において、X 線透視下内視鏡手技とくに ERCP における医師、看護師、診療放射線技師などの放射線業務従事者の眼の水晶体の等価線量、実効線量を含めた被ばくについての検討を行う。また消化器内科領域での放射線被ばくに対する意識改革を進めるべく学会活動、英文論文作成を通じて啓発活動を行う。

B. 研究方法

消化器領域の X 線透視下内視鏡手技の職業被ばくの主な原因は、一次 X 線ビーム自体ではなく、患者からの散乱放射線である。散乱放射線は、医療スタッフの眼の水晶体、甲状腺、指を含め全身に被ばくを与える。被ばくは、医療スタッフの配置、防護器材・防護衣、X 線装置の種類と配置などの要因に大きく影響される。そこで、これらの要因について、実測、文献調査により検討した。

C. 研究結果

X 線透視下内視鏡手技における医療スタッフの場所の影響については、一般に X 線装置および患者に最も近い位置にいる医療スタッフが最も高い放射線被ばくを受けるとされる。今回、実測と文献調査により、対象とした X 線透視下内視鏡手技において、内視鏡医が X 線装置に最も近い場合、内視鏡医の職業被ばくは医療スタッフの中で最も高くなることが示された。また鎮静の不安定性のために患者の体の動きが大きい場合に、看護師は患者に最も近い位置で補助・看護することになり、高い放射線被ばくにつながる原因となる。

一般にアンダーカウチチューブタイプとオーバーカウチチューブタイプを比較すると、アンダーカウチチューブタイプのほうが医療スタッフの被ばくを低減することができるとされる。しかし手技の際のワークスペースはオーバーカウチチューブタイプの方が広く手技の実施に有利で、X 線透視下内視鏡手技において好まれることがある。

X 線装置および患者から距離を保つことは有効ではあるが内視鏡医は患者に近接して実施せざるを得ない。助手や看護師は近接が不要な場合はできるだけ距離を取ることが大事である。

透視時間を短縮することは重要な要素であり、内視鏡の知識や技能を高めることが透視時間短縮に繋がる。場合によっては予め透視時間の上限を設定することも選択肢である。

防護衣・防護器材の使用は不可欠である。鉛プロテクターや防護メガネの着用は当然である。アンダーカウチチューブタイプとオーバーカウチチューブタイプいずれも適切な鉛シールドを用いる。オーバーカウチチューブタイプで X 線防護用カーテンの使用が医療スタッフの線量低減に有効であるデータが示されている。

D. 考察

X 線透視下手技が高度化しており、それに伴う放射線業務従事者の被ばくについて、データの蓄積が途上である。手技に応じたきめ細かな線量評価が必要であり、適切に放射線業務従事者に伝えて理解していただくことも鍵となる。またオーバーカウチチューブタイプで X 線防護用カーテンの使用が医療スタッフの線量低減に有効であることが報告されているが、その一方で医療機関の実態として、渡邊分担研究者の分担課題のアンケート調査で X 線防護用カーテンを導入していない医療機関もあることも明らかとなっている。放射線業務従事者の被ばく低減について可能な方策は早急に取ることが求められると考えられた。

E. 結論

ERCP はじめ X 線透視下内視鏡手技は臨床のうえで非常に大切な手技となっており、これを患者に提供するために、医療スタッフの被ばくのデータを蓄積し啓発を進めることによって、被ばく低減につなげることが重要である。

F. 健康危険情報

健康危険情報に関する特記事項はありません。

G. 研究発表

論文発表

・Diagnostic Reference Levels for Fluoroscopy-guided Gastrointestinal

Procedures in Japan from the REX-GI Study: A Nationwide Multicentre Prospective Observational Study.

Hayashi S, Takenaka M, Hosono M, et al, Lancet Reg Health West Pac. 2022 Jan 6

- How should radiation exposure be handled in fluoroscopy-guided endoscopic procedures in the field of gastroenterology?

Takenaka M, et al, Dig Endosc. 2021 Nov 30

- The radiation doses and radiation protection on the endoscopic retrograde cholangiopancreatography procedures.

Takenaka M, et al, Br J Radiol. 2021 Oct 1

- Comparison of radiation exposure between endoscopic ultrasound-guided drainage and transpapillary drainage by endoscopic retrograde cholangiopancreatography for pancreatobiliary diseases.

Takenaka M, et al, Dig Endosc. 2021 Jun 9

- Radiation exposure dose of fluoroscopy-guided gastrointestinal procedures: A single-center retrospective study.

Takenaka M, et al, Endosc Int Open. 2020 Dec

- Time Trend of the Radiation Exposure Dose in Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography Over an 8-Year Period: A Single-Center Retrospective

Takenaka M, et al, Am J Gastroenterol. 2021 Jan 1

- Multicentre prospective observational study protocol for radiation exposure from gastrointestinal fluoroscopic procedures (REX-GI study).

Takenaka M, et al, BMJ Open. 2020 Feb 26

- [Current status of radiation exposure to crystalline lens in ERCP (endoscopic retrograde cholangiopancreatography)].

Takenaka M, et al, Nihon Shokakibyo Gakkai Zasshi. 2019

知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

謝辞

本研究調査にご協力いただきました医療機関の皆様に感謝申し上げます。

また、本研究は令和3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 眞（近畿大学 教授））の研究活動の一環として行った。

利益相反

本研究に利益相反はありません。

令和元年度労災疾病臨床研究事業費補助金
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
(190701-02)
(研究代表者 細野 眞)

分担研究報告書
医療施設における放射線業務従事者の被ばく線量と放射線管理状況の関係について

研究分担者

古場 裕介 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 放射線
規制科学研究部 主任研究員

研究協力者

赤羽 恵一 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 人材育成センター教務課
研究統括

神田 玲子 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 放射線
規制科学研究部 部長

A. 研究目的

労災疾病臨床研究の主課題「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」では、医療における放射線業務従事者の被ばく線量が労働安全衛生法電離放射線障害防止規則（以下、電離則）に基づいて測定・記録されていることに基づいて、その線量値を調査・集計を行っている。また、医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査を行っている。医療における放射線業務従事者の被ばく線量値の解析結果及び医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査については他の研究分担者の報告書において報告しているところだが、本報告書では医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査医療施設ごとに放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理の状況に相関関係があるかという点について着目し、解析・報告を行う。

B. 研究方法

本研究では R2 年度と R3 年度に行った医療施設における放射線業務従事者の被ばく線量の調査及び従事者の放射線管理に関するアンケート調査の結果のうち、両方の調査に

対して回答のあった施設について、その線量値と管理状況の相関関係について解析を行う。両調査は R2 年度及び R3 年度に実施しており、本研究では R2 年度の単年度の結果に対して線量値と管理状況にどのような相関があるのか、また R2 年度と R3 年度の結果に対して線量値と管理状況の変化にどのような相関があるのかを調べた。研究データの取り扱いに関する倫理的配慮についてはそれぞれデータ収集と担当した研究代表者及び研究分担者の報告書を参照されたい。

(1) R2 年度調査における放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況の相関関係解析

(ア) 解析データ

R2 年度調査において行った放射線業務従事者の被ばく線量調査において回答のあった 26 施設と医療施設における放射線業務従事者の放射線管理に関するアンケート調査において回答のあった 45 施設のうち両方の調査に対して回答のあった 18 施設を解析データ対象とした。

放射線従事者の被ばく線量データは 18 施設の合計で 3,661 件である。

(イ) データのスコア化

施設ごとについて放射線従事者の被ばく線量データ及び放射線管理に関するアンケート結果の相関を調べるにあたり、それぞれのデータのスコア化を行った。

i. 放射線従事者の被ばく線量データのスコア化

解析対象の 18 施設の放射線従事者の被ばく線量データ 3,661 件について実効線量、皮膚等価線量、水晶体等価線量のヒストグラムを図 1-図 3 に示す。図 1-図 3 からわかるように半数以上のデータが 0.1 mSv 以下である。

各施設の放射線従事者の被ばく線量データのスコア化するにあたり、閾線量値を設定し、その閾線量値以上の従事者数をカウントすることによりその施設の放射線従事者の被ばく線量データのスコアとした。

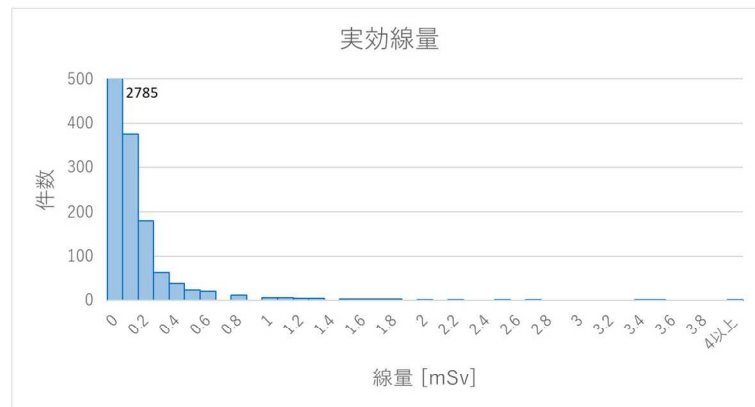


図 1. 実効線量のヒストグラム

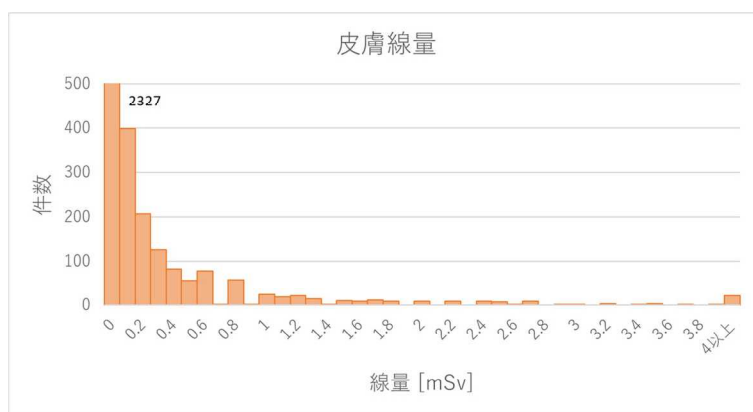


図 2. 皮膚等価線量のヒストグラム

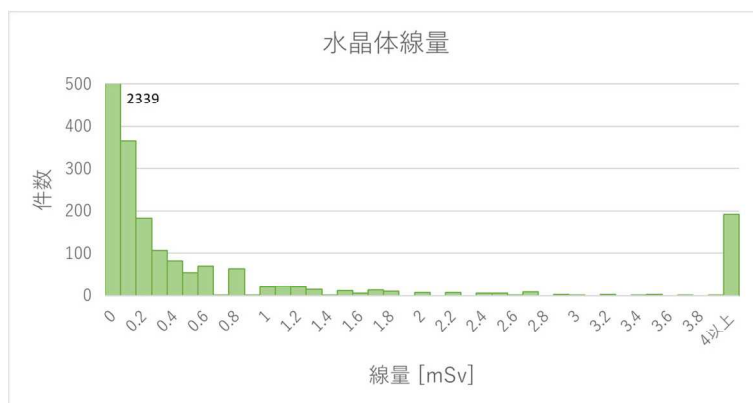


図 3. 水晶体等価線量のヒストグラム

ii. 医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果のスコア化

R2 年度に実施した医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査の全 65 項目あり、(1) 基本事項、(2) 従事者管理、(3) 研修、(4) 線量計着用率 (5) 作業環境、(6) その他に分類されている。本研究では(1) 基本事項、(5) その他の分類を省いた 4 分類に限り、さらに更問などスコア化が難しい項目を省いた 29 項目についてスコア化を行った。アンケート調査の全項目については分担研究者渡辺氏の報告書を参照されたい。表 1-表 4 にスコア化を行った各分類の設問項目の内容及びスコア化方法を示す。

表 1. 従事者管理に関するアンケート調査項目のうちスコア化を行った設問、回答選択肢、スコア化方法

設問番号	アンケート内容	回答選択肢	スコア化方法
設問 4	放射線業務従事者の毎月の被ばく線量をチェックしていますか？	① はい ② いいえ	① → +1 ② → +0
設問 6	放射線業務従事者の線量の測定結果を委員会等に報告していますか？	① はい ② いいえ	
設問 8	職業被ばくの測定メーカから線量が高い場合等に迅速報告してもらう措置を講じていますか？	① はい ② いいえ	
設問 10	比較的職業被ばく線量が高い従事者に対して被ばく低減を図るための措置を講じていますか？	① はい ② いいえ	
設問 12	通常よりもイレギュラーに高くなった従事者に対して被ばく低減を図るよう措置を講じていますか？	① はい ② いいえ	
設問 16	職業被ばくの線量限度を超える可能性のある放射線業務従事者はいますか？	① () 人いる②いない	
設問 17	職業被ばくの線量限度を超えた放射線業務従事者が生じないようにするための方策を講じていますか？	① はい ② いいえ	
設問 19	職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を決めていますか？	① はい ② いいえ	
設問 25	放射線業務従事者ごとに定期的に測定結果を配布していますか？	① はい ② いいえ	
設問 26	放射線管理業務を主に行う部署がありますか？	① はい ② いいえ	
設問 27	放射線管理業務を主に専門に行う職員がいますか？	① はい ② いいえ	

表 2. 研修に関するアンケート調査項目のうちスコア化を行った設問、回答選択肢、スコア化方法

設問番号	アンケート内容	回答選択肢	スコア化方法
設問 29	下記の中で放射線診療や放射線診療の介助等を行う医師および看護師（以下、放射線診療従事者）がいる場合、該当者に対して、職業被ばくの放射線防護方法等に関する研修（以下、研修）を実施していますか？	①実施している ②実施していない ③該当者なし	①が 1 つ以上で+1
設問 31	二つ前の設問 29 で研修を「実施している」と回答された施設の方へ。放射線診療従事者に対する研修の受講率を高めるための方策を実施していますか？	① はい ② いいえ	① → +1 ② → +0
設問 33	放射線診療従事者に対する研修では、職業被ばく線量を低減するための具体的な方策が含まれていますか？	① はい ② いいえ	
設問 34	放射線診療従事者に対する研修では、職業被ばくを測定するための放射線測定器の着用位置・方法に関する内容が含まれていますか？	① はい ② いいえ	
設問 35	放射線診療従事者に対する研修では、プロテクターの使用方法に関する内容が含まれていますか？	① はい ② いいえ	
設問 36	Vascular-IVR の術者である放射線診療従事者に対する研修では、防護眼鏡および天吊り型の防護板の使用方法に関する内容が含まれていますか？	① はい ② いいえ	① ～④→ +1 ⑤ → +0
設問 37	放射線診療従事者に対する研修では、Vascular-IVR を実施する医師に対して必要がなければパルス透視レートを下げる、患者を受像器に近づけるあるいは適度に照射野を絞る等の研修を実施していますか？	① はい ② いいえ	
設問 38	放射線測定器を着用していない放射線診療従事者に対して放射線測定器の着用を促していますか？	①100%着用しているので該当事例なし ②頻繁に促している ③時々促している	① ～④→ +1 ⑤ → +0

		④まれに促している ⑤促していない	
設問 41	放射線診療従事者の放射線測定器の着用状況を把握していますか？（複数回答可）	①院内組織（放射線安全委員会等）は把握している。 ②放射線診療従事者の管理担当部署は把握している。 ③一緒に業務する他の医療従事者は把握している。 ④誰も把握していない。	① ～③→ +1 ④ → +0

表 3. 研修に関するアンケート調査項目のうちスコア化を行った設問、回答選択肢、スコア化方法

設問番号	アンケート内容	部署等	回答選択肢	スコア化方法
設問 42	下記の部署等の放射線診療従事者について職業被ばくにおける防護眼鏡の内側に着用する水晶体専用の放射線測定器のおおよその着用率を教えてください。	循環内 心外 放(IVR)	①100% ②80%以上 ③60%以上 ④40%以上 ⑤20%以上 ⑥20%未満 ⑦着用していない ⑧配布していない	①100% →+6 ②80%以上 →+5 ③60%以上 →+4 ④40%以上 →+3 ⑤20%以上→+2 ⑥20%未満→+1 ⑦着用していない →+0 ⑧配布していない →+0
設問 43	下記の部署等の放射線診療従事者について職業被ばくを低減するための放射線防護衣(プロテクター)のおおよその着用率を教えてください。	放(治) 放(核) 放(診) 消内 消外 整外 脳外 麻酔 救命		⑨分からない→+0 左記対象部署のうち回答があった項目の平均スコアを算出
設問 44	下記の部署等の放射線診療従事者について職業被ばくを低減するための放射線防護眼鏡(メガネ)のおおよその着用率を教えてください。	内視鏡看		

表 4. 作業環境に関するアンケート調査項目のうちスコア化を行った設問、回答選択肢、スコア化方法

設問 45	Vascular-IVR を実施する X 線診療室には天井吊り型の防護板が設置されていますか？	① すべて設置 ② ほとんど設置 ③ 一部設置 ④ すべて設置していない	① → +1 ② → +2/3 ③ → +1/3 ④ → +0
-------	---	---	--

設問 46	Vascular-IVR を行うすべての X 線診療室には術者と IVR 行為の介助者が着用できるだけの防護眼鏡が配備されていますか？	① 十分ある ② おおよそある ③ かなり足りない ④ まったくない	① → +1 ② → +2/3 ③ → +1/3 ④ → +0
設問 47	X 線装置が設置されている内視鏡室には X 線装置に装着する放射線防護用の防護クロスが配備されていますか？	① ある ② ない	① → +1 ② → +0
設問 48	X 線装置が設置されている内視鏡室には防護眼鏡が配備されていますか？	① 十分にある ② 十分ではないがある ③ 一つもない	① → +1 ② → +1/2 ③ → +0
設問 49	一般 X 線透視室には防護眼鏡が配備されていますか？	① 十分にある ② 十分ではないがある ③ 一つもない	① → +1 ② → +1/2 ③ → +0
設問 50	手術室には防護眼鏡が配備されていますか？	① 十分にある ② 十分ではないがある ③ 一つもない	① → +1 ② → +1/2 ③ → +0

(2) R2 年度調査及び R3 年度調査における、放射線業務従事者の被ばく線量値の推移と放射線管理の状況の変化の相関関係解析

(ア) 解析データ

R2 年度調査及び R3 年度調査の放射線業務従事者の被ばく線量調査において回答のあった施設と医療施設における放射線業務従事者の放射線管理に関するアンケート調査において回答のあった施設のうち両年度、両調査のすべてに回答があった 10 施設を解析データとした。

放射線従事者の被ばく線量データは 10 施設の合計で R2 年度 2,912 件、R3 年度 2313 である。

(イ) データのスコア化

放射線業務従事者の被ばく線量調査結果と医療施設における放射線業務従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果のスコア化は(1) R2 年度調査における放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況の相関関係解析と同様とした。

C. 研究結果、考察

(1) R2 年度調査における放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況の相関関係解析

(ア) データのスコア化

i. 放射線従事者の被ばく線量データのスコア化

表 5、表 6 に各施設の実効線量・皮膚等価線量・水晶体等価線量の職種別平均値および中央値を示す。被ばく線量データのスコア化を行う際、本研究では閾値線量値として簡明な線量として 1 mSv(1 か月あたり)を採用した。この閾線量値については今後解析結果を判断していく上で再検討していくことも必要と考えられる。

閾線量値 (1 か月あたり 1 mSv) 以上となったデータの件数は以下のとおりである。

- ・実効線量 35 件
- ・皮膚等価線量 196 件
- ・水晶体等価線量 367 件

上記のデータ件数を各施設における放射線従事者の被ばく線量データのスコアとした。

また、表 7 からわかるように各施設の看護師のスコアは医師、診療放射線技師と比べて非常に低く、アンケート結果との相関関係を見出すことが非常に困難であるため本研究の相関解析対象から除外した。

表 5. 各施設の実効線量・皮膚等価線量・水晶体等価線量の職種別平均値

	平均値								
	実効線量(mSv)		皮膚等価線量 (mSv)				水晶体等価線量(mSv)		
施設 No.	医師	看護師	診療放 射線技 師	医師	看護師	診療放 射線技 師	医師	看護師	診療放 射線技 師
1	0.16	0.00	0.36	0.38	0.00	0.67	0.37	0.00	0.66
2	0.06	0.01	0.03	0.20	0.04	0.08	0.20	0.04	0.07
3	0.22	0.01	0.10	1.89	0.15	0.50	1.88	0.14	0.49
4	0.00	0.05	0.10	0.00	0.14	0.25	0.00	0.13	0.25
5	0.06	0.01	0.06	0.27	0.09	0.06	0.24	0.08	0.06
6	0.07	0.00	0.01	0.28	0.00	0.06	0.28	0.00	0.06
7	0.11	0.04	0.19	0.24	0.16	0.50	0.26	0.17	0.48
8	0.05	0.02	0.03	0.28	0.12	0.13	0.28	0.12	0.13
9	0.02	0.00	0.16	0.05	0.00	0.25	0.06	0.00	0.22
10	0.14	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00
11	0.04	0.00	0.05	0.15	0.03	0.17	0.15	0.02	0.17
12	0.02	0.01	0.00	0.10	0.03	0.03	0.10	0.03	0.03
13	0.30	0.07	0.11	0.55	0.35	0.25	0.55	0.35	0.25
14	0.02	0.10	0.09	0.09	0.80	0.16	0.09	0.81	0.13
15	0.43	0.00	0.11	1.99	0.00	0.15	2.07	0.00	0.16
16	0.01	0.02	0.06	0.05	0.13	0.20	0.00	0.08	0.20
17	0.04	0.04	0.03	0.18	0.32	0.12	0.19	0.33	0.12
18	0.06	0.01	0.08	0.18	0.13	0.22	0.18	0.13	0.09

表 6. 各施設の実効線量・皮膚等価線量・水晶体等価線量の職種別中央値

	中央値								
	実効線量(mSv)		皮膚等価線量 (mSv)				水晶体等価線量(mSv)		
施設 No.	医師	看護師	診療放 射線技 師	医師	看護師	診療放 射線技 師	医師	看護師	診療放 射線技 師
1	0.00	0.00	0.30	0.05	0.00	0.45	0.05	0.00	0.45
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.10	0.00	0.10	1.35	0.00	0.15	1.35	0.00	0.15
4	0.00	0.00	0.10	0.00	0.05	0.10	0.00	0.00	0.10
5	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
9	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
10	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.10	0.10	0.40	0.20	0.10	0.40	0.20
14	0.00	0.05	0.10	0.00	0.20	0.10	0.00	0.20	0.10
15	0.20	0.00	0.10	0.90	0.00	0.10	0.90	0.00	0.10
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.15
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.20	0.10
18	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10

表 7. 各施設の放射線従事者の被ばく線量データのスコア

施設 No.	実効線量			皮膚等価線量			水晶体等価線量		
	医師	看護師	診療放 射線技 師	医師	看護師	診療放 射線技 師	医師	看護師	診療放 射線技 師
1	1	0	1	2	0	11	2	0	11
2	6	0	0	11	0	2	10	0	2
3	0	0	0	8	1	2	8	0	2
4	0	0	0	0	0	2	0	0	2
5	0	0	0	1	0	0	1	0	0
6	0	0	0	3	0	0	3	0	0
7	2	0	2	6	5	6	7	6	5
8	1	0	0	9	4	1	9	4	1
9	0	0	0	0	0	2	0	0	2
10	3	0	0	21	0	0	20	0	0
11	1	0	0	17	0	1	18	0	1
12	0	0	0	1	0	0	1	0	0
13	9	0	0	34	0	0	35	0	0
14	0	0	0	3	4	0	3	4	0
15	4	0	0	14	0	0	16	0	0
16	0	0	0	3	1	2	0	0	1
17	3	0	0	4	3	0	4	3	0
18	2	0	1	9	1	1	9	1	1

ii. 医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果のスコア化

表 8 に表 1-表 4 のスコア化方法に基づいて算出した各医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果のスコアを示す。ここで、スコアの値は施設間の相対値であり、分類間の比較はできないことに注意する必要がある。

表 8. 各施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果のスコア

施設 No.	分類（スコア最大値）			
	従事者管理(11)	研修(9)	線量計着用率(18)	作業環境(6)
1	8	1	6.1	1.3
2	8	8	5.0	2.3
3	9	2	8.5	1.3
4	8	8	8.6	4.2
5	8	9	8.3	4.7
6	6	7	6.8	1.7
7	8	2	4.2	2.3
8	7	9	6.2	3.3
9	9	8	10.2	3.2
10	10	2	7.9	4.0
11	8	4	6.5	3.8
12	7	6	8.0	2.0
13	10	7	6.5	4.2
14	11	2	5.9	3.5
15	7	7	9.0	4.0
16	7	7	7.2	2.5
17	6	7	5.8	3.7
18	8	7	8.1	4.2

(イ) 放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況の相関関係

図 4-図 7 に放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの各分類スコアのプロット図を示す。線量スコアは実効線量、皮膚等価線量、水晶体等価線量それぞれのスコアに対してプロットし、医師、診療放射線技師に分けてプロットした図を作成した。また表 9-表 12 に放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートのスコアの相関係数 r 、 p 値を示す。相関係数 r は一般的に $|r| \geq 0.5$ となると相関が認められ、 $|r| \geq 0.7$ となると高い相関が認められる。また、 p 値はデータ数に依存した優位確率を示し、一般的に $p < 0.05$ となった場合、偶然示された結果でないと結論づけることができる。図 4-図 7 及び表 9-表 12 から放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートのスコアの各結果から相関関係を見出すことは難しいことが示された。

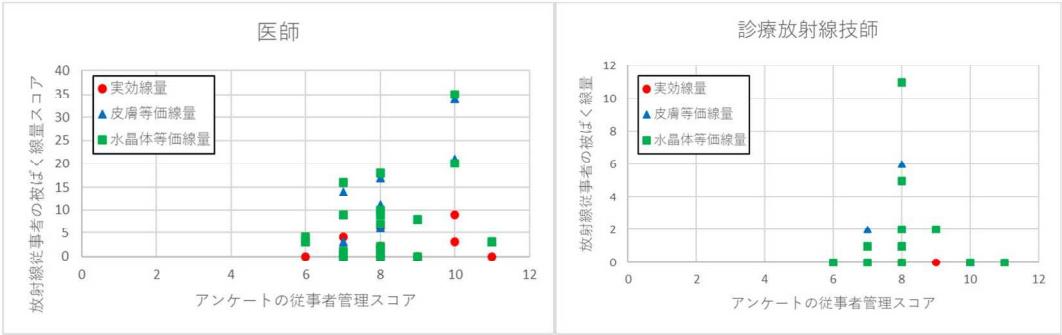


図 4. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの従事者管理スコアのプロット図
(上) 医師、(下) 診療放射線技師

表 9. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの従事者管理スコアの相関係数、 p 値

		実効線量	皮膚線量	水晶体線量
医師	相関係数 r	0.20	0.38	0.37
	p 値	0.43	0.12	0.13
診療放射線技師	相関係数 r	-0.02	-0.01	0.01
	p 値	0.94	0.97	0.98

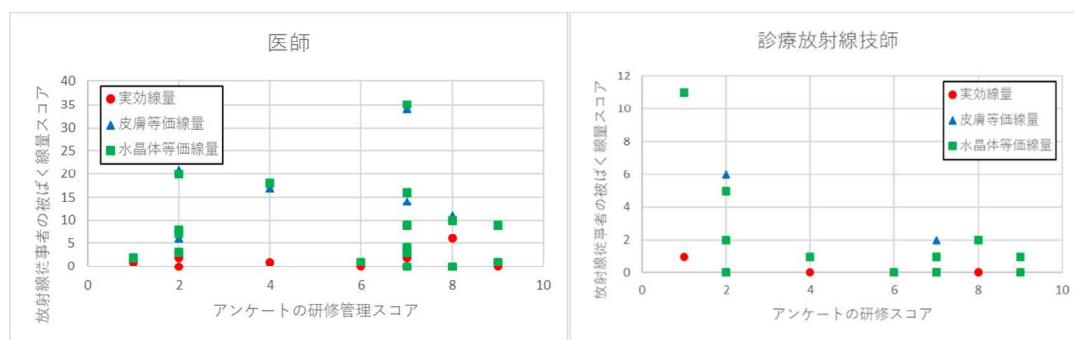


図 5. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの研修スコアのプロット図（上）医師、（下）診療放射線技師

表 10. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの研修スコアの相関係数、p 値

		実効線量	皮膚線量	水晶体線量
医師	相関係数 r	0.13	-0.09	-0.09
	p 値	0.61	0.73	0.71
診療放射線技師	相関係数 r	-0.43	-0.49	-0.48
	p 値	0.08	0.04	0.04

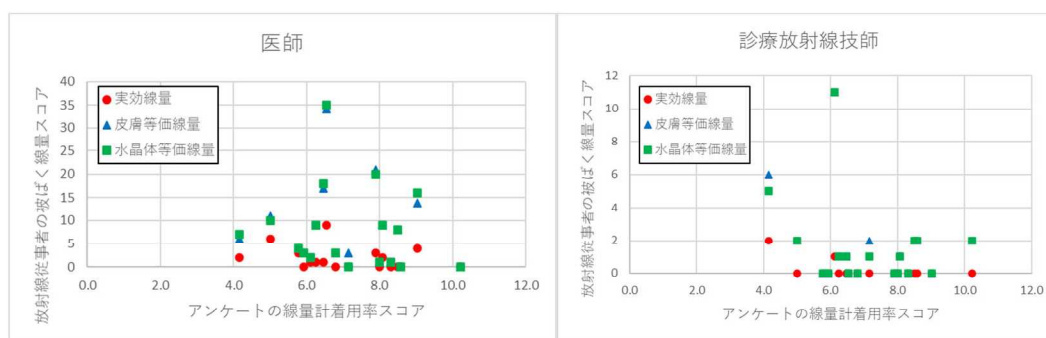


図 6. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの線量計着用率スコアのプロット図（上）医師、（下）診療放射線技師

表 11. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの線量計着用率スコアの相関係数、p 値

		実効線量	皮膚線量	水晶体線量
医師	相関係数 r	-0.30	-0.14	-0.13
	p 値	0.22	0.58	0.61
診療放射線技師	相関係数 r	-0.43	-0.32	-0.28
	p 値	0.08	0.20	0.26

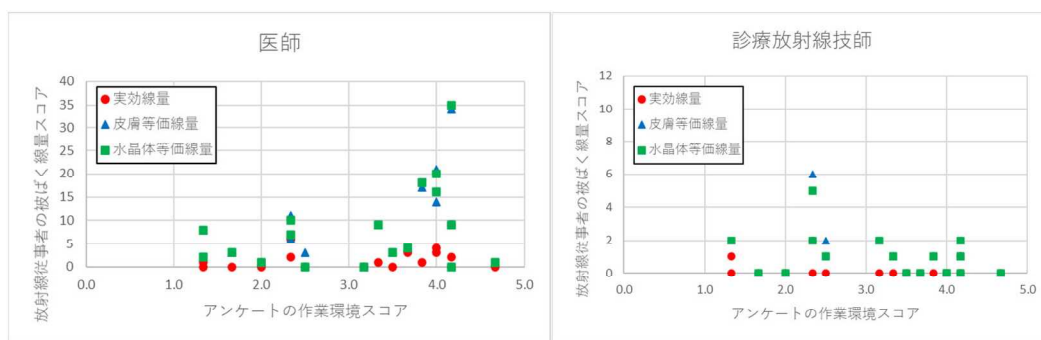


図 7. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの作業環境スコアのプロット図
(上) 医師、(下) 診療放射線技師

表 12. 放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの作業環境スコアの相関係数、p 値

		実効線量	皮膚線量	水晶体線量
医師	相関係数 r	0.27	0.35	0.36
	p 値	0.28	0.16	0.14
診療放射線技師	相関係数 r	-0.23	-0.53	-0.51
	p 値	0.36	0.02	0.03

(2) R2 年度調査及び R3 年度調査における、放射線業務従事者の被ばく線量値の推移と放射線管理の状況の変化の相関関係解析

(ア) データのスコア化

(1) R2 年度調査における放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況の相関関係解析のデータのスコア化と同様に医師、診療放射線技師のみのデータのみ抽出し、R2 年度調査及び R3 年度調査における結果の変化について解析を行った。

表 13 に各施設の放射線従事者の被ばく線量データの R2 年度及び R3 年度のスコアを、表 14 に各施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果の R2 年度及び R3 年度のスコアを示す。

表 13.各施設の放射線従事者の被ばく線量データの R2 年度及び R3 年度のスコア

年度	医師						診療放射線技師					
	実効線量		皮膚 等価線量		水晶体 等価線量		実効線量		皮膚 等価線量		水晶体 等価線量	
	R2	R3	R2	R3	R2	R3	R2	R3	R2	R3	R2	R3
施設 No.2	6	5	11	12	10	13	0	0	2	0	2	0
施設 No.3	0	0	8	9	8	7	0	0	2	3	2	1
施設 No.5	0	1	1	12	1	3	0	0	0	0	0	0
施設 No.7	2	0	6	3	7	3	2	0	6	8	5	9
施設 No.10	3	1	21	6	20	8	0	0	0	0	0	0
施設 No.11	1	1	17	12	18	10	0	0	1	4	1	3
施設 No.12	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0
施設 No.14	0	1	3	5	3	5	0	0	0	0	0	0
施設 No.16	0	0	3	4	0	4	0	0	2	0	1	0
施設 No.18	2	2	9	12	9	5	1	0	1	0	1	0

表 14. 各施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査結果の R2 年度及び R3 年度のスコア

	従事者管理		研修		着用率		作業環境	
年度	R2	R3	R2	R3	R2	R3	R2	R3
施設 No.2	8	8	8	8	5.0	7.3	2.3	2.3
施設 No.3	9	7	2	8	8.5	11.0	1.3	1.7
施設 No.5	8	9	9	6	8.3	9.5	4.7	5.0
施設 No.7	8	9	2	2	4.2	11.3	2.3	4.0
施設 No.10	10	7	2	7	7.9	9.5	4.0	3.2
施設 No.11	8	8	4	7	6.5	8.1	3.8	3.7
施設 No.12	7	9	6	8	8.0	12.0	2.0	1.7
施設 No.14	11	10	2	2	5.9	6.6	3.5	4.0
施設 No.16	7	8	7	7	7.2	8.1	2.5	3.7
施設 No.18	8	8	7	4	8.1	14.1	4.2	3.2

(イ) 放射線業務従事者の被ばく線量値の推移と放射線管理の状況の変化の相関関係

表 13 からわかるように診療放射線技師の被ばく線量データのスコアの変化は小さいため、本研究では医師の線量データの変化に着目し、解析を行った。

図 8-図 10 に放射線管理の状況アンケートのスコアと医師の線量データ（実効線量、皮膚等価線量、水晶体等価線量）のスコアの変化を示す。また、表 15 に R2 年度と R3 年度の各施設の被ばく線量データの差分を、表 16 に R2 年度と R3 年度の各施設の放射線管理の状況アンケートのスコアの差分を示し、図 11 にその差分のプロット図を示す。施設によって医師の被ばく線量データのスコアが大きく下がっている施設もあるが、多くの施設についてはスコアの変化が小さい。放射線管理の状況アンケートのスコアのうち線量計着用率のスコアは全ての施設において上昇しており、研修のスコアについても概ね上昇している施設が多い。しかし、従事者管理と作業環境のスコアについては全ての施設において変化が小さい。

表 17 に R2 年度と R3 年度の放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートの作業環境スコアの差分の相関係数、 p 値を示す。放射線管理の状況アンケートのスコアのうち R2 年度と R3 年度において変化のあった研修、線量計着用率に着目すると、研修のスコアの差分と皮膚等価線量及び水晶体等価線

量データのスコアには負の相関または弱い負の相関があるが、線量計着用率に関しては相関を見出すことはできなかった。作業環境の状況の改善については被ばく線量の抑制につながる事が予想されたが、本研究の解析データの範囲では作業環境のスコアの変化が小さいため、その効果を明確に観測できなかった。今後より管理状況の変化が大きい施設を対象に調査を行うことにより、被ばく線量データとの相関を見出せる可能性がある。

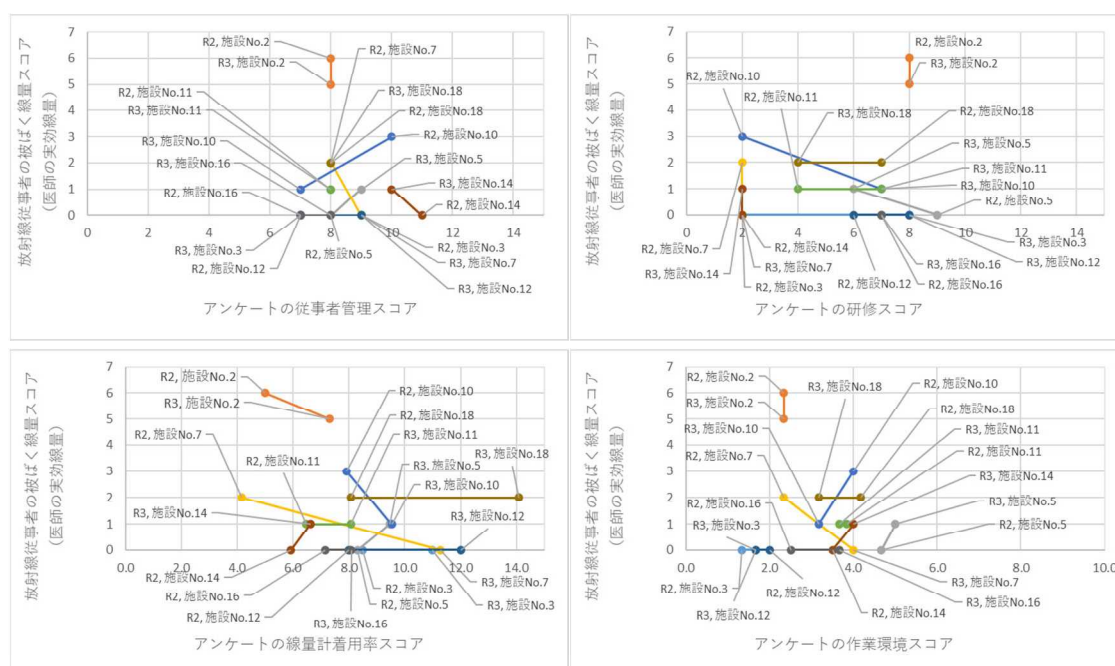


図 8. 放射線管理の状況アンケート（左上：従事者管理、右上：研修、左下：線量計着用率、右下：作業環境）のスコアと医師の実効線量データのスコアの変化

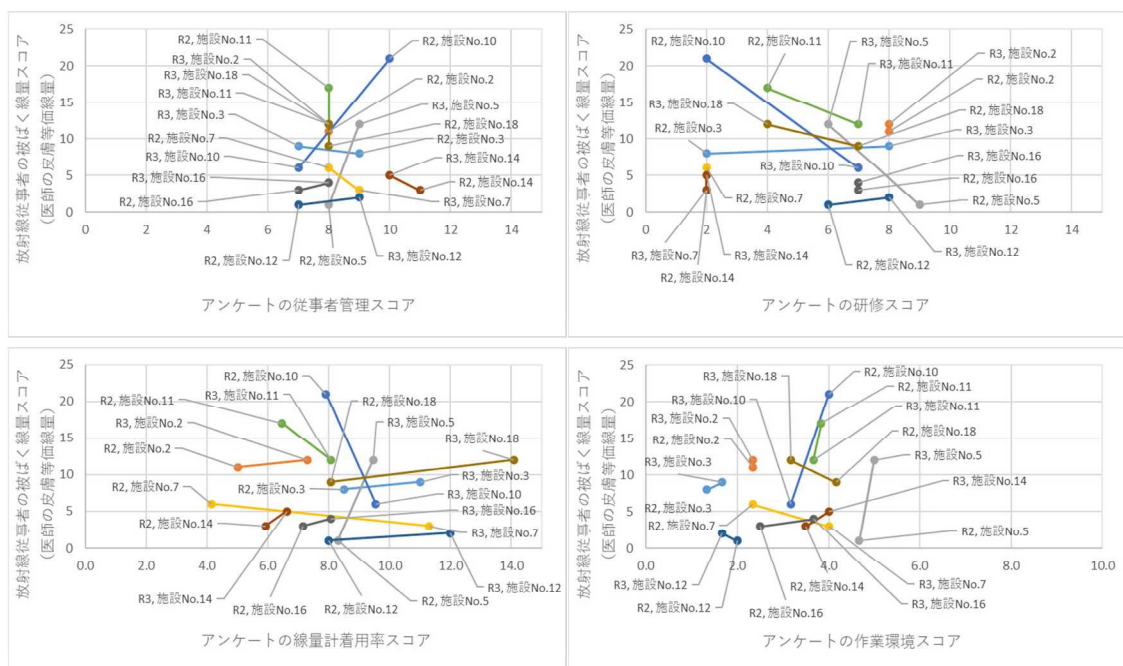


図 9. 放射線管理の状況アンケート（左上：従事者管理、右上：研修、左下：線量計着用率、右下：作業環境）のスコアと医師の皮膚等価線量データのスコアの変化

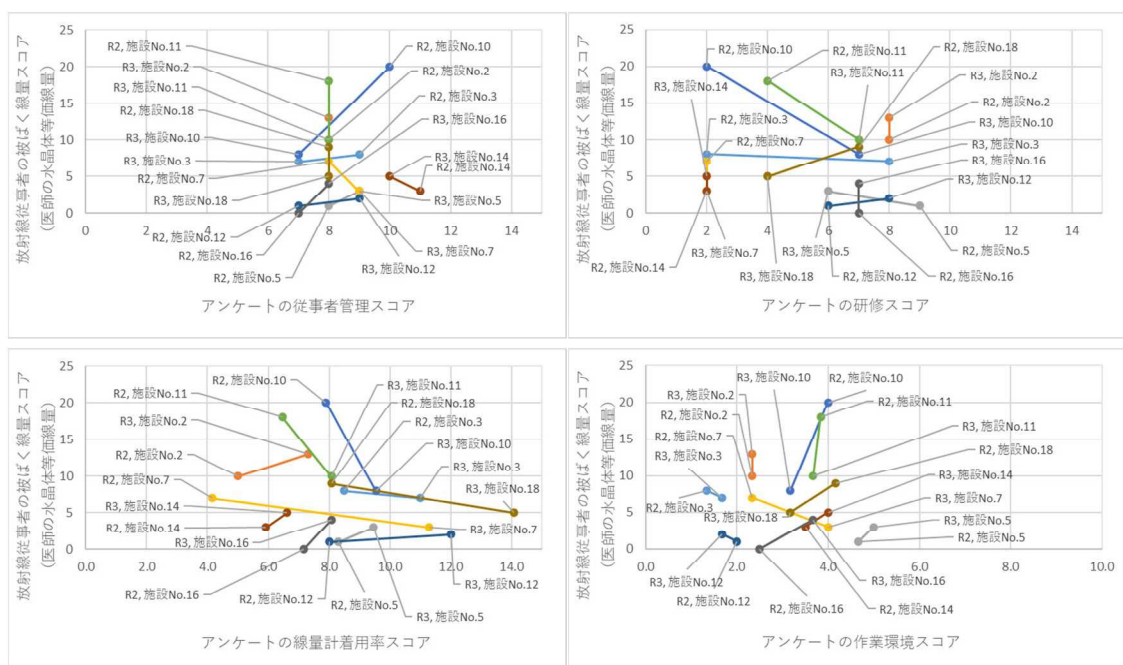


図 10. 放射線管理の状況アンケート（左上：従事者管理、右上：研修、左下：線量計着用率、右下：作業環境）のスコアと医師の水晶体価線量データのスコアの変化

表 15. R2 年度と R3 年度の各施設の医師の被ばく線量データのスコアの差分

	実効線量	皮膚等価線量	水晶体等価線量
施設 No.2	-1	1	3
施設 No.3	0	1	-1
施設 No.5	1	11	2
施設 No.7	-2	-3	-4
施設 No.10	-2	-15	-12
施設 No.11	0	-5	-8
施設 No.12	0	1	1
施設 No.14	1	2	2
施設 No.16	0	1	4
施設 No.18	0	3	-4

表 16. R2 年度と R3 年度の各施設の放射線管理の状況アンケートのスコアの差分

	従事者管理	研修	線量計着用率	作業環境
施設 No.2	0	0	2	0
施設 No.3	-2	6	3	0
施設 No.5	1	-3	1	0
施設 No.7	1	0	7	2
施設 No.10	-3	5	2	-1
施設 No.11	0	3	2	-0
施設 No.12	2	2	4	-0
施設 No.14	-1	0	1	1
施設 No.16	1	0	1	1
施設 No.18	0	-3	6	-1

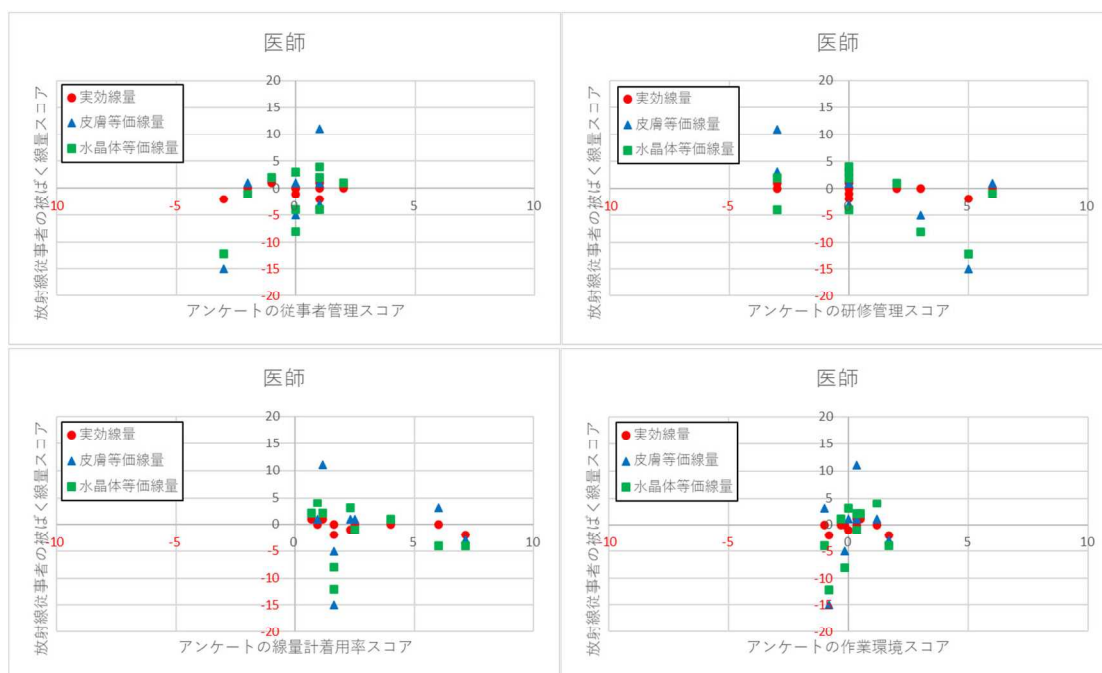


図 11. R2 年度と R3 年度の放射線管理の状況アンケート（左上：従事者管理、右上：研修、左下：線量計着用率、右下：作業環境）のスコアと医師の水晶体価線量データのスコアの差分のプロット

表 17. R2 年度と R3 年度の放射線従事者の被ばく線量スコアとアンケートのスコアの差分の相関係数、p 値

	従事者管理			研修		
	実効線量	皮膚等価線量	水晶体等価線量	実効線量	皮膚等価線量	水晶体等価線量
相関係数 r	0.25	0.57	0.53	-0.35	-0.67	-0.46
p 値	0.48	0.09	0.11	0.33	0.03	0.18
	線量計着用率			作業環境		
	実効線量	皮膚等価線量	水晶体等価線量	実効線量	皮膚等価線量	水晶体等価線量
相関係数 r	-0.45	-0.03	-0.21	-0.04	0.24	0.44
p 値	0.19	0.94	0.56	0.91	0.51	0.20

D. 結論

本研究では医療施設における従事者の放射線管理に関するアンケート調査医療施設ごとに放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理の状況に相関関係があるかという点について着目し、解析・報告を行った。

R2 年度調査における放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況の相関関係解析においては、被ばく線量データのスコアと放射線管理状況アンケートのスコアの各結果

から相関関係を見出すことは難しいことが示され、本研究の調査の範囲内では放射線業務従事者の被ばく線量値と放射線管理状況について相関はないことが示唆された。

R2 年度調査及び R3 年度調査における放射線業務従事者の被ばく線量値の推移と放射線管理の状況の変化の相関関係解析においては、放射線管理状況アンケートのスコアの変化が比較的大きい研修、線量計着用率に着目すると、研修のスコアの差分と皮膚等価線量及び水晶体等価線量データのスコアには負の相関または弱い負の相関があるが、線量計着用率に関しては相関を見出すことはできなかった。このことから、放射線管理状況のうち研修状況の改善については放射線従事者の被ばく線量の抑制にわずかに効果があることが推測される。また、本研究の範囲では放射線管理状況のうち従事者管理、線量計着用率、作業環境の変化については放射線従事者の被ばく線量の変化と相関を見出すことはできなかった。作業環境の状況の改善については被ばく線量の抑制につながることが予想されたが、本研究の解析データの範囲では作業環境のスコアの変化が小さいため、その効果を明確に観測できなかった。今後より管理状況の変化が大きい施設を対象に調査を行うことにより、被ばく線量データとの相関を見出せる可能性がある。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

G. 謝辞

本研究調査にご協力いただきました医療機関の皆様には感謝申し上げます。また、線量調査を実施、集計いただきました研究分担者、研究協力者の皆様に申し上げます。

また、本研究は令和3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 眞（近畿大学 教授））の研究活動の一環として行った。

H. 利益相反

本研究に利益相反はありません。

令和3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（190701-02）
（研究代表者：細野 眞）

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地
細野 眞	(翻訳監修)	ICRP刊行物 翻訳委員会	ICRP Publication 107 線量計算のための核壊 変データ	原子力規 制委員会	東京

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Hayashi S, <u>Takenaka M</u> , <u>Hosono M</u> , et al.	Diagnostic Reference Levels for Fluoroscopy-guided gastrointestinal procedures in Japan from the REX-GI Study: a nationwide multicentre prospective observational study	The Lancet Regional Health - Western Pacific	in press		2022
<u>Takenaka M</u> , <u>Hosono M</u> , Hayashi S, Nishida T, Kudo M	How should radiation exposure be handled in fluoroscopy-guided endoscopic procedures in the field of gastroenterology?	Digestive Endoscopy	in press		2022
<u>Takenaka M</u> , <u>Hosono M</u> , Rehani MM, et al.	Comparison of radiation exposure between endoscopic ultrasound-guided drainage and transpapillary drainage by endoscopic retrograde cholangiopancreatography for pancreatobiliary diseases	Digestive Endoscopy	in press		2022
<u>Takenaka M</u> , <u>Hosono M</u> , Hayashi S, Nishida T, Kudo M	Radiation doses of endoscopic procedures in the gastrointestinal and hepatobiliary fields	British Journal of Radiology	94(1126)	20210399	2021
<u>Hosono M</u> , <u>Takenaka M</u> , Monzen H, Tamura M, Kudo M, Nishimura Y	Cumulative radiation doses from recurrent PET/CT examinations	British Journal of Radiology	94(1126)	20210388	2021
<u>Kanda R</u> , Akahane M, <u>Koba Y</u> , Chang W, <u>Akahane K</u> , Okuda Y, <u>Hosono M</u>	Developing diagnostic reference levels in Japan	Japanese Journal of Radiology	39(4)	307-314	2021
渡邊 浩, 山本 和幸, 坂本 肇, 今尾 仁, 瀬下 幸彦, 加藤 英幸, 竹中 完, 赤羽 恵一, 神田 玲子, 鳥巢 健二, 三上 容司, 細野 眞	医療機関における放射線業務従事者への個人線量計および放射線防護機材の配布ならびに着用状況等に関する調査報告	日本診療放射線技師会誌	in press		2022

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
渡邊 浩, 山本 和幸, 坂本 肇, 今尾 仁, 瀬 下 幸彦, 加藤 英幸, 竹中 完, 赤羽 恵一, 神田 玲子, 鳥巢 健 二, 三上 容司, 細野 眞	医療機関における放射線業務 従事者に対する基本的な放射 線管理に関する調査報告	日本診療放 射線技師会 誌	in press		2022
渡邊 浩, 山本 和幸, 坂本 肇, 今尾 仁, 瀬 下 幸彦, 加藤 英幸, 竹中 完, 赤羽 恵一, 神田 玲子, 鳥巢 健 二, 三上 容司, 細野 眞	医療機関における放射線業務 従事者に対する放射線防護研 修に関する調査報告	日本診療放 射線技師会 誌	in press		2022