

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23591820

研究課題名(和文)CT透視下IVRにおける術者の手指被曝低減に関する研究

研究課題名(英文)Reduction in physician's hand dose during CT fluoroscopy-guided interventions

研究代表者

川辺 睦(KAWABE, ATSUSHI)

岡山大学・保健学研究科・助教

研究者番号：30403471

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：CT透視下インターベンション手技における術者の手における被曝の現状は、1手技当たり0.49mSv(0.11-2.2mSv)であった。全手技の平均値は1分当たり0.1mSvであった。そこで、術者の手の被曝を防護する用具を試作した。外科用鉗子に装着したタングステンシートは被曝を約75%低減した。このシステムはCTスキャン面周囲の散乱線を減ずるのに効果的であることが実証された。しかしながら、このタングステンシートは滅菌して再利用できず、滅菌環境で利用可能でなかった。したがって、この滅菌に関する技術的問題が解決されたときに本研究結果が応用できるよう基礎データをまとめておくのは有用である。

研究成果の概要(英文)：High exposures to personnel may occur during CT fluoroscopy-guided interventions. The purpose of this work was to reduce personnel hand's exposure during computed tomography-guided interventional radiology procedures. Radiation exposure to the hands of physicians was measured using a thermoluminescence ring worn on the proximal phalanx of the second finger. As a result, the median value of hand exposure of physician per procedure was 0.49 mSv (0.11-2.2 mSv). The average hand exposure rate for all procedures was 0.1 mSv min⁻¹. We therefore produce tungsten protector experimentally. Tungsten sheet equipped surgical forceps reduced the scattered exposure by approximately 75% at distances of 10 cm from the scanning plane. This protection system for CT fluoroscopy-guided interventions was effective in reducing scattered radiation around the scanning plane. However, this system was not available in sterilized procedure.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：放射線防護 職業被曝 CT透視 IVR 皮膚線量

1. 研究開始当初の背景

インターベンショナル・ラジオロジー（IVR）というエックス線透視を用いて目的部位の確認を行いながら癌や心筋梗塞などの治療を行う方法がある。外科的手術と比較して低侵襲であることから、さまざまな領域で大きな成果をあげている。この領域の医療技術的進歩は、穿刺針やカテーテルを追跡するための画像にCTという断面像を加えることにより、より精度の高い位置確認と診断を可能としたことである。この背景には、エックス線管の耐容量拡大にともなってCT画像の透視化を実現したことが大きい。

しかしながら、CT透視下のIVR診療は患者および術者の被曝を高めていることは多くの文献で報告されている。とくに術者の被曝は多くの患者を診療することで気付かぬうちに深刻な被害をもたらすおそれがある。

CT透視下IVRのうちとくに術者の被曝が問題となるのが、CT透視画像を確認しながら行う生検術やラジオ波焼灼術（RFA）で、これらの手技は穿刺部位すなわち術者の立つ位置と照射部位が近接しており、とくに術者の手指被曝が問題となる。

術者はターゲットとなる部位に接して手技を行うことになるため、穿刺時のCT透視は可能な限り避けるようにしている。ただし、穿刺した針を支持しながらCT透視を行うことはあり、外科用鉗子などを介してCTビーム中心軸からの距離を担保している。CTガントリにカーテンシールドを装着したり、穿刺針を支持するためのデバイスを開発したりすることで術者の被曝低減化が模索されてきた。これらの方法は被曝低減化という観点においては十分効果的であるといえる。しかしながら、カーテンシールドは清潔を保持するうえで、CTスキャン面を動かないことが前提となり、汎用性の観点から利用が促進され

ていない。また、専用デバイスの使用は一定の技術的慣れが必要で微細な調整に不向きである。

2. 研究の目的

本研究では、CT透視下IVR診療時の術者の手指被曝の低減化に資するため、外科用鉗子に直接装着可能なグリッププロテクタの開発を目的とする。

3. 研究の方法

- (1) CTエックス線スペクトルの測定...術者が被曝するエックス線の線質を明らかにして防護の対策と検討を行う。測定には、高額なゲルマニウム検出器の代わりにカドミウム・テルル半導体検出器を用いる。
- (2) モンテカルロ・シミュレーションによる被曝実態解明...モンテカルロ計算コードEGS5を用いて被検者から発生するCTビーム散乱光子の挙動をコンピュータ上でシミュレーションする。
- (3) 模擬ファントムと線量計を用いた基礎データの収集...基礎データはCT透視時間と被曝量の変化から線量率の定量化が可能であるため、モンテカルロによる結果予測と照合する。
- (4) 臨床データとの整合...これまで取得した臨床CT透視下IVRにおける術者手指被曝のデータと収集した基礎データ突合して、リング型TLDが装着向きなどによって被曝の過小評価につながっている可能性を検討する。
- (5) 含鉛アクリルによる防護効果の検討...透明度の高い含鉛アクリルによる散乱線防護効果を検討し、安定した形状のプロテクタを試作する。
- (6) タングステンシートによる防護効果の検討...タングステンシートの重量と防護効

果を検討し、患者に接する部分をフレキシブルな形状とすることを考慮する。

- (7) グリッププロテクタの試作...検討した防護材料を用いて手指被曝低減用グリッププロテクタを試作する。軽量化を最大の課題とし、薄厚化できない防護材料は使用しない。
- (8) 臨床使用感の評価...試作したグリッププロテクタを使用して臨床手技を行う。ここで評価すべき事項は外科用鉗子とのマッチングおよび長時間使用による術者の疲労である。
- (9) グリッププロテクタの改良による臨床への応用...接合部の可動性を検討する。
- (10) プロテクタのディスプレイ化と滅菌方法の検討...清潔保持の観点からプロテクタのディスプレイ製品化を検討する。
- (11) 臨床での被曝低減効果...清潔性の担保の観点からタングステンシートが臨床使用できないことが分かったため、コールドテスト（患者がいない状態での手技の模擬実施）を行った。

4. 研究成果

(1) 基礎実験の結果

CT装置のエクソ線発生機構は、一般的なエクソ線装置と変わらないが、多くのCT装置では陽極ターゲットの角度が小さい場合が多いため、スペクトルに変化が生じる。術者の手指被曝に影響を与える主な指標の結果は、第一半価層 5.137mmAl (4.463mmAl)、第二半価層 12.793mmAl (11.391mmAl)、実効エネルギー 42.51keV (39.75keV)、均等度 0.671 (0.644)、線質指標 0.354 (0.331)であった(括弧内は一般的なエクソ線装置)。この結果から、スペクトルは全体的に高エネルギー側にシフトしているが、ターゲット物質の原子番号は変わらないため、線質を合わ

せたうえでの一般的なエクソ線装置による基礎実験が可能であることを示唆した。

また、モンテカルロ計算による光子飛跡をシミュレーションした結果、エクソ線中心軸からの距離が散乱線被曝に大きな影響をもたらすことが示唆され、例えば、術者の指先と現実に線量計を装着する指の付け根では2倍ほどの線量差に達した。これまでの臨床における被曝評価が過小であるおそれを示唆した。

臨床手技を想定した場合の術者の手指被曝は、およそ0.26mGy/minとなった。この結果とシミュレーション結果を重ね合わせると術者の被曝は最大0.5mGy/minに達するおそれがある。

一方、臨床手技による術者の被曝は0.1mGy/minであった。これはファントムによるデータ(0.26mGy/min)より随分小さいが、術者の手の位置と透視状況が基礎実験とは異なるために生じた差である。

(2) グリッププロテクタの検討

IVR術者の手技を妨げないよう透明度の高い含鉛アクリルを用いた安定形状のプロテクタを検討した。エクソ線の散乱線を遮蔽する能力は確認できたが、臨床で用いるためには重すぎて長時間の手技に不向きであるとの術者からのコメントを受けて、含鉛アクリルを薄くすることを試みようとしたが、含鉛アクリルの強度を保つことと重さがトレードオフの関係にあるため、含鉛アクリルをプロテクタの素材として用いることを保留し、次点に検討していたタングステンシートによる防護効果を検討した。その結果、タングステンシートは原子番号が高いため、エクソ線を効果的に遮蔽できることは実験的に確認できた。また、フレキシブル性が高く手技の状況に影響を受けず、重量の問題も解決できた。

(3) グリッププロテクタの改良による臨床応用

タングステンシートは高い防護効果と、フレキシブル性を有しながら、手技で用いるニードルホルダーに相当する外科用鉗子の可動部への接合についてフィットしづらい結果となった。また、タングステンシートは高額なため再利用を検討したが、清潔保持の観点からタングステンシートの滅菌方法に関する経験が不足しており、再利用は難しいとの意見があった。 Disposable化は研究期間中に実現できなかった。

(4) タングステンシートのデータ整理

清潔保持の観点から臨床使用ができず、コールドテスト(患者なし模擬手技)について、短時間照射して基礎的なデータ収集につとめた。その結果、このシートを外科用鉗子の支点部に装着するだけで、術者の手指のうち最もCTスキャン面に近くなることが想定される第二指の指先で $45 \mu\text{Gy}/\text{mAs}$ が $11.6 \mu\text{Gy}/\text{mAs}$ となり、およそ75%の被曝低減効果が見込まれ、かつ実用的なサイズで考えた場合、重さが47g程度と十分利用可能な軽さで大きな被曝低減効果が達成できることが分かった。この結果は、タングステンシートの滅菌に関する技術的問題が解決されたときに、本研究結果が応用できるよう、基礎データを整理して論文化する予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

川辺睦、花元克巳、迫田晃弘、三村秀文、山田一孝、岸本海織、片岡隆浩、飯島順、熊代正行、山岡聖典、診断X線装置における設定管電流が入射線量に与える影響、医学物理32、査読無、2012、13

〔学会発表〕(計 3件)

川辺睦、花元克巳、飯島順、熊代正行、片岡隆浩、山岡聖典、コンピュータモンテカルロ計算において線量計算に影響を与える因子、日本保健物理学会第46回研究発表会、2013.6.24 - 25、千葉

川辺睦、花元克巳、迫田晃弘、三村秀文、山田一孝、岸本海織、片岡隆浩、飯島順、熊代正行、山岡聖典、診断X線装置における設定管電流が入射線量に与える影響、日本医学物理学会第103回学術大会、2012.4.12 - 15、横浜

川辺睦、CT透視IVRにおける術者の手指被曝評価、第27回診療放射線技師総合学術大会、2011.9.16 - 18、青森

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川辺 睦 (KAWABE ATSUSHI)

岡山大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：30403471

(2) 研究分担者

三村 秀文 (MIMURA HIDEFUMI)

川崎医科大学・医学部・教授

研究者番号：10304362

花元 克巳 (HANAMOTO KATSUMI)

岡山大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：20335590