

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K08058

研究課題名（和文）X線CT検査の医療被ばく管理における組織吸収線量の簡便な算出方法

研究課題名（英文）The simple calculation method of the tissue absorbed dose in medical exposure management of X ray CT examination

研究代表者

大谷 浩樹（OHTANI, Hiroki）

帝京大学・医療技術学部・教授

研究者番号：10259145

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：2020年度、管電圧100 kVでCT照射を行った場合のCTDIvolを算出した。測定には電離箱線量計を用いてファントムの各厚さにて実施し、CTDIvolは両電圧ともにファントム厚が増すごとに減少した。2021年度、ファントム中にX線CT用電離箱を挿入し、ファントム表面に0.6 ml電離箱と半導体検出器を設置し線量測定した。その結果、撮影条件の設定によってCTDIvolは異なった。半導体検出器よりも電離箱を使用した方が校正値は1.0に近づいた。2022年度、頭部ファントムの両眼窩上にガラス線量計を設置し、各基準線での組織吸収線量を測定し、基準線SMラインにおいて約39%線量を低減できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義として、X線CT装置に表示されるCTDIvolと実測値の差は患者の体格によって変化することが示され、管電圧の違いでも変化が現れたことは患者ごとの線量変化において重要なデータとなった。半導体検出器を用いた表面での線量測定は患者ごとのDRLを算出する新たな手法となった。組織吸収線量として水晶体の線量がガラス線量計を用いて算出できたことにより医療被ばく線量算出が患者ごとに簡便に行われることになり、さらに組織加重係数を乗じることで実効線量が求められ被ばく低減の方法として重要なこととなった。このように社会的に関心が高い医療放射線被ばくについて理解を得る一助となったことは社会的意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：CTDIvol when performing CT irradiation by tube voltage 100 kV was calculated in 2020. It measured by each thickness of the phantom using the ion-chamber dosimeter. As a result, whenever phantom thickness increased both voltage, CTDIvol decreased. The ion chamber for X-rays CT was inserted into the phantom for CTDIvol measurement, and CTDIvol was measured in 2021. Radiation dosimetry of a 0.6 ml ion chamber and the semiconductor detector was installed and carried out to the phantom surface. As a result, CTDIvol changed with setup of photography conditions. In the calibration value, those who use an ion chamber rather than a semiconductor detector approached 1.0. The glass dosimeter was installed on both eye pits using the head phantom, and the tissue absorbed dose in each base line was measured in 2022. As a result, compared with OM line, the dose has been reduced about 39% by taking a photograph with a base line SM line.

研究分野：放射線計測学

キーワード：CTDIvol DRL X線CT 組織吸収線量 実効線量 電離箱線量計 半導体検出器 蛍光ガラス線量計

1. 研究開始当初の背景

放射線診療は行為の正当性を保ちながらも常に医療被ばくを管理する必要があり、特に X 線 CT 検査は線量記録を行わなければならない。現在、 $CTDI_{vol}$ などが装置に表示されるようになっているが、これは撮影条件における線量であって患者個々の被ばく線量ではない。また、実効線量で評価するためには CT 検査の目的部位以外の組織吸収線量を得なければならない。日本においては診断参考レベル (DRL) が制定されており、 $CTDI_{vol}$ などの記録が実施されている。しかし、 $CTDI_{vol}$ は患者の体型が異なっても同一の撮影条件であれば同じ値を示す。そして、実効線量を算出するためには組織吸収線量 (等価線量) が必須であるが、実測では求められていない。従って、患者ごとの被ばく線量を管理するために組織吸収線量および実効線量を実測研究する必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、X 線 CT 検査を受ける患者ごとの組織吸収線量および実効線量を簡便に算出することである。この目的を立てた理由は、医療被ばくの線量記録の実施にある。現在、行われている $CTDI_{vol}$ の記録では患者ごとの被ばく線量を正確に求められていなく、周辺臓器の組織吸収線量も算出されていない。

3. 研究の方法

2020 年度では、管電圧 100 kV で X 線を発生させ CT 照射を行った場合の $CTDI_{vol}$ を算出した。測定には電離箱線量計を用いて DRL の算出方法に従いファントムの各厚さにて実施した。円柱型アクリルファントムに水等価とみなせる寒天を巻き付け、 $CTDI_{vol}$ を算出した。さらに寒天の層を増減し、ファントム表面の厚さを変化させ、値がどのように変化するかを調べた。測定法として、電離箱線量計をアクリルファントムの中心と周辺 4ヶ所に順番に入れ、計 5ヶ所の線量を求めた。また、上記の測定を、管電圧を変えて行った。円柱型アクリルファントムの中心線量を $CTDI_c$ とし、周辺 4ヶ所の線量を平均したものを $CTDI_p$ とし、 $CTDI_{vol}$ は次式で求めた。

$$CTDI_w = \frac{1}{3} \cdot CTDI_c + \frac{2}{3} \cdot CTDI_p$$

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{Pitch}$$



Photo.1 検出器

2021 年度では、 $CTDI_{vol}$ 測定用ファントム中に X 線 CT 用電離箱を挿入し、ヘリカルスキャンを行い線量測定した。また、ファントム表面及びガントリー内側に 0.6 ml 電離箱と半導体検出器を設置し線量測定した。X 線 CT 装置は日立メディカル社製 ECLOS である。 $CTDI_{vol}$ 測定用ファントム中に X 線 CT 用電離箱 [10×6-3CT] (Photo.1 上) を挿入し、通常の $CTDI_{vol}$ 測定位置にてヘリカルスキャンを行い線量測定した (Photo.2)。また、ファントム表面及びガントリー内側に 0.6 ml 電離箱 [10×6-0.6CT] (Photo.1 中) と半導体検出器 [DD×6-WL] (Photo.1 下) を設置し線量測定した。ヘリカルスキャンであるため、ファントム表面に設置した電離箱ではその位置をスキャンする時のみの測定値になる。



Photo.2 線量測定

2022 年度では、頭部ファントムを用いて両眼窩上にガラス線量計素子を設置し、OMライン、SMラインでの組織吸収線量を測定した。測定は防護具無しと防護具有 (眼窩から 5mm 隙間) で行った。防護具有ではハレーションを考慮して眼窩と防護具に 5mm, 10mm, 20mm の隙間を開け、画像の優劣を評価した。また、眼窩表面吸収線量を水晶体中央部と同一の吸収線量であると仮定した。

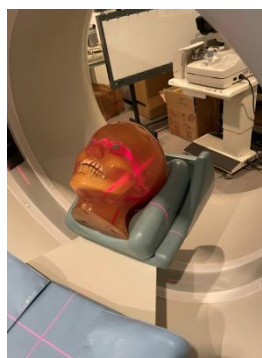


Photo.3
ガラス線計の設置



Photo.4
防護具の設置

4. 研究成果

2020年度の結果を Fig.1 に示す。100 kV、120 kV とともに、寒天の厚みを増すことにより実測値の $CTDI_{vol}$ は減少していった。また、100 kV の実測値に比べ 120 kV の実測値の方が、寒天の厚み増大に伴う $CTDI_{vol}$ の減少傾向が大きいことが分かった。

2021年度の結果として、0.6 ml 電離箱および半導体検出器を用いて測定したものを Table1 ~4 に示す。同時に $CTDI_{vol}$ の装置表示値と実測値を示す。Head Phantom と Body Phantom で撮影条件の設定によって $CTDI_{vol}$ は異なっている。半導体検出器よりも電離箱を使用した方が校正値は 1.0 に近づいた。半導体検出器は感度が良いが値の変動が大きかった。検出器をファントム表面に設置した場合は後方散乱もあるが半導体ではその測定は困難であり、ヘリカルスキャンにおいて検出器に入射する X 線が均等ではないと考察された。また、ガントリー内部に検出器を設置した場合は、常に X 線検出がされるがファントムからの後方散乱が入射しないことにより校正値の変動が見られた。

Table1 電離箱で測定した Head Phantom 内での線量

Head Phantom		0.6-chamber 使用	
$CTDI_{vol}$ (装置表示)	$CTDI_{vol}$ (実測)	表面設置	ガントリー内 設置
59.6 mGy	66.64 mGy	63.44 mGy (校正 1.05)	53.48 mGy (校正 1.24)

Table2 半導体で測定した Head Phantom 内での線量

Head Phantom		Diode 使用	
$CTDI_{vol}$ (装置表示)	$CTDI_{vol}$ (実測)	表面設置	ガントリー内 設置
59.6 mGy	66.64 mGy	21.61 mGy (校正 3.28)	19.35 mGy (校正 3.66)

Table3 電離箱で測定した Body Phantom 内での線量

Body Phantom		0.6-chamber 使用	
$CTDI_{vol}$ (装置表示)	$CTDI_{vol}$ (実測)	表面設置	ガントリー内 設置
15.0 mGy	16.84 mGy	17.14 mGy (校正 0.98)	45.17 mGy (校正 0.37)

Table4 半導体で測定した Body Phantom 内での線量

Body Phantom		Diode 使用	
$CTDI_{vol}$ (装置表示)	$CTDI_{vol}$ (実測)	表面設置	ガントリー内 設置
15.0 mGy	16.84 mGy	6.83 mGy (校正 2.47)	13.96 mGy (校正 1.21)

2022年度の結果を Table5 に示す。防護具無しにおいて左眼右眼とも SM ラインでの線量低減が明らかになり、SM ラインで撮影することで OM ラインと比べ約 39%線量を低減できた。しかし、防護具を用いた場合はその差は小さくなり、SM ラインの被ばく線量は遮蔽材を使用した OM ラインの被ばく線量を近い値になった。防護具有での撮影では 5 mm 隙間の場合にハレーションが起き、10 mm 隙間との差異はなかった。20mm の隙間を開けた時のみハレーションは起こらなかった。

Table5 各基準線における水晶体の平均吸収線量

基準線	平均吸収線量[mGy]			
	防護具無(右眼)	防護具無(左眼)	防護具有(右眼)	防護具有(左眼)
OM	143.075	153.500	93.836	84.566
SM	87.312	94.924	45.178	56.546

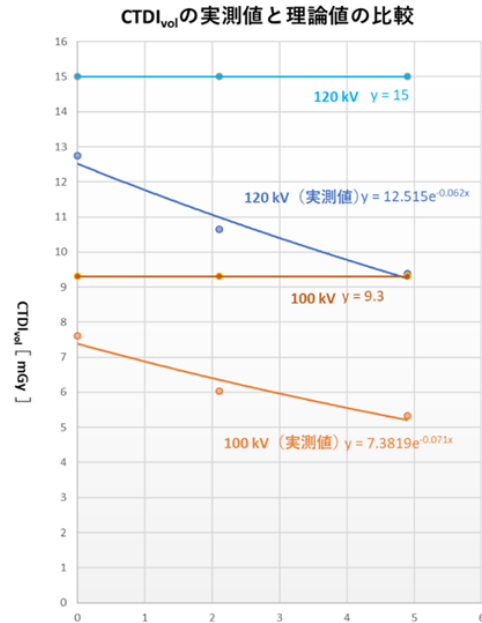


Fig.1 測定結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大谷浩樹
2. 発表標題 ヘリカルスキャンX線CT撮像におけるCTDIvolと表面線量の相関
3. 学会等名 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷浩樹、嶋崎朱里、下地菜友、大滝美幸、野村 絢
2. 発表標題 電離箱線量計とガラス線量計を用いたCTDIvolと表面線量の評価
3. 学会等名 第124回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 優、朝倉和紀、岩谷夏実、小田倉空翔、工藤一真、伊達怜椰、大谷浩樹
2. 発表標題 頭部CT撮影の基準線による水晶体線量の相違
3. 学会等名 第32回日本保健科学学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋崎朱里、大滝美幸、下地菜友 野村絢、大谷浩樹
2. 発表標題 X線CT検査におけるCTDIvolと表面線量の相関
3. 学会等名 第32回日本保健科学学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷浩樹、藤本峻士、長谷川留吉、本川拓弥
2. 発表標題 患者固定具使用時の固定精度と水晶体被ばくへの影響
3. 学会等名 第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 大谷浩樹、清水秀雄	4. 発行年 2022年
2. 出版社 株式会社オーム社	5. 総ページ数 308
3. 書名 放射線技術学シリーズ 放射線安全管理学（改訂3版）	

1. 著者名 大谷浩樹	4. 発行年 2023年
2. 出版社 株式会社メジカルビュー社	5. 総ページ数 251
3. 書名 診療放射線技師スリム・ベーシック 放射線医学概論	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関