

卒業論文

題目：腹部 IVR における Multi Detector CT 及び Cone Beam CT の
被ばく線量評価

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻
医療技術科学分野

(指導：医用物理工学講座 松本光弘 准教授)

氏名：香川明子

(平成 25 年 1 月 日提出)

内容要旨

【題名】腹部 IVR における Multi Detector CT 及び Cone Beam CT の被ばく線量評価

【背景・目的】

肝細胞に対する TACE(肝動脈化学塞栓術)では、血管撮影装置と CT 装置を組み合わせた IVR-CT や Cone Beam CT 撮影で行っている。これら CT 撮影による新たな被曝増加が導入当初から懸念されてきた。そこで本研究では、各撮影機構による被曝線量を臨床での撮影条件で相対比較したので報告する。

【方法】

装置は血管撮影装置 PHILIPS 社 Allura Xper FD20/20 Biplane (CBCT) と CT 装置 SIEMENS 社 SOMATOM Sensation Open (MDCT) を使用した。線量評価は X 線 CT における線量測定マニュアル (公益社団法人日本診療放射線技師会) に準じた。ファントムは腹部用アクリルファントム (32cm ϕ x15cm), 線量計はラドカル社 model 9015 及びペンシル形電離箱 (3ml \times 10cm) を使用した。線量校正用として CBCT 時には UNIDOS-E 及び PTW30010 線量計を使用し相互校正を行い、ペンシル形電離箱の校正定数を求めた。撮影条件は CBCT: 123kV, 325mA, パルス幅 7ms, 付加フィルタ 0.9mmCu+1.0mmAl, 240 度回転, MDCT: 120kV, 120mA, 5mm slice, ヘリカルピッチ 0.8, 360 度回転とした。さらにファントム表面にガラス線量計素子 GD352-M を上下左右に各 2 個ずつ貼付して表面線量も測定した。

【結果】

CBCT と MDCT の CTDI_w は 10.9mGy と 11.2mGy であった。表面線量はそれぞれ平均 11.9mGy, 12.4mGy であった。

【考察】

CBCT, MDCT を比べると、平均被曝線量は CBCT の方が少し低いので、被曝低減目的では有用であると考えられる。

1 序論

1.1 背景

日本人の死亡因子は悪性新生物が 1 位である。近年、悪性新生物による死亡率は減少してきたものの、罹患率においては未だ増加傾向にあるものも少なくない。

悪性新生物に対する治療としては、手術や放射線治療、化学療法などがあるが、これに加え、IVR が第 4 の治療方法として注目されている。近年、**quality of life (QOL)** が重視されるようになってきており、低侵襲で迅速、かつ正確に行えるという IVR の特徴から説明できる。

肝細胞に対する TACE(肝動脈化学塞栓術)では、血管撮影装置と CT 装置を組み合わせた IVR-CT や IVR-CBCT で撮影を行って、画像を取得している。これらの CT 撮影により治療部位を正確に同定することが可能になったが、その一方で導入当初から 1 回の治療で何度も CT 撮影を行うことにより、被曝の増加が懸念されている。

1.2 IVR-CT



Fig 1. SIEMENS 社 SOMATOM Sensation Open

1.3 IVR—CBCT



Fig 2. PHILIPS 社 Allura Xper FD20/20 Biplane

1.4 線量評価に用いるガラス線量計

蛍光ガラス線量計は、放射線が照射された銀活性リン酸塩ガラスが、紫外線励起によってオレンジ色の蛍光を発する現象（ラジオフォトルミネッセンス：RPL）に基づく固体線量計である。この RPL という現象は、蛍光量が放射線量に比例することから線量計に応用されている。

電離放射線が銀活性リン酸塩ガラスに照射されると、電子及び正孔（ホール）が叩き出され、電子はガラス構造中の Ag^+ に捕獲され、 Ag^0 となる。一方、正孔はいったん PO_4 四面体に捕らえられるが、時間の経過とともに Ag^+ へ移行し、より安定な Ag^{++} を形成する。これらの Ag^0 及び Ag^{++} が共にガラス中で RPL 中心（蛍光中心）となる。

ガラス線量計の測定手順は、

- ① アニール：アニール用電気炉に入れて約 400°Cで 1 時間、アニーリングを行い積算値を消去する。
- ② 初期値読み取り：Dose Ace を使用して、積算値が残っていないかを確認する。
- ③ 照射
- ④ プレヒート：プレヒートをかけて、積算値を読み取れるよう処理する。
- ⑤ 読み取り

ガラス線量計の特徴としては、繰り返し読み取りが可能で素子間のばらつきが小さく、フェーディングがほとんどないことが挙げられる。

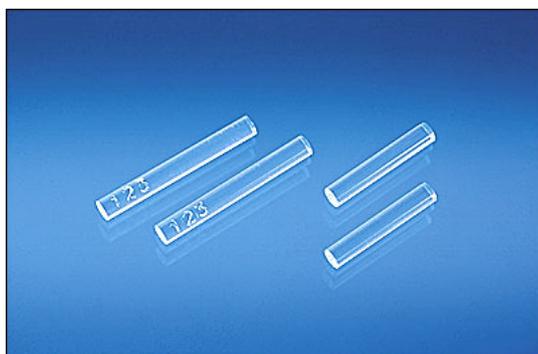


Fig 3. ガラス素子の外観

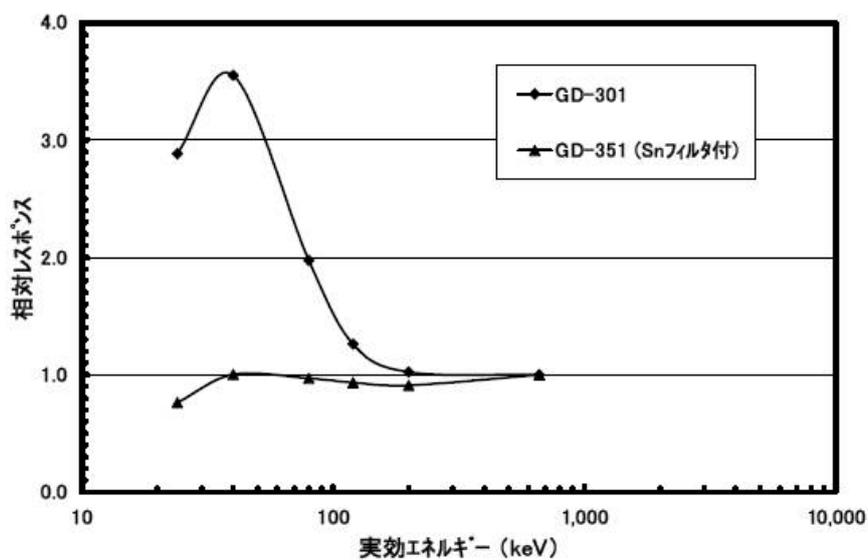


Fig 4. 空気吸収線量に対するエネルギー特性

2 目的

本研究では、肝細胞に対する TACE での位置確認に用いられる CT 装置により患者が受ける被ばく線量について評価した。

CT 装置は MDCT、CBCT の 2 種類を用いて、臨床での撮影条件で相対比較し、測定した。CTDI 腹部用アクリルフantomを用い、その吸収線量を測定することにより被ばく線量の評価を行った。

3 使用機器・器具

- Cone Beam CT : PHILIPS 社 Allura Xper FD20/20 Biplane
- Multi Detector CT : SIEMENS 社 SOMATOM Sensation Open
- CTDI 腹部用アクリルファントム 32cm ϕ x15cm
- 蛍光ガラス線量計 : 旭テクノグラス社 線量計小型素子 GD302-M
GD-352M
- Dose Ace : 旭テクノグラス社 FGD-1000
- アニール用電気炉
- Radcal 社 model 9015 及び CT 用ペンシル形電離箱 (3ml \times 10cm)
- UNIDOS-E 及び PTW30010 線量計
- 水銀温度計
- アネロイド気圧計 : No.7610-20 SATO-KEIRYOKI 社製

4 方法

4.1 内部線量の測定

本研究ではまず内部線量を測定した。CBCT、MDCTに Fig 5 のように 32cm 径のアクリルファントムを配置し、Fig 6 のように PTW30010 線量計及び CT 用ペンシル形電離箱をファントムにさしこみ、上下左右、中心の 5 点をそれぞれ 3 回ずつ測定した。

撮影条件は、CBCT が 123kV、325mA、パルス幅 7ms、照射野 14cm、付加フィルタ 0.9mmCu+1.0mmAl、240° 回転で、MDCT は 120kV、120mA、5mm slice、ヘリカルピッチ 0.8、スキャン長 14cm、360° 回転である。MDCT は臨床で一般的に使われている撮影条件です。CBCT は X 線透過厚で自動的に撮影条件が設定されるため、これは 32cm 径のアクリルファントムを使用した時の撮影条件である。そのため、それぞれ違う撮影条件で実験を行った。今回、CBCT のオート設定に合わせて MDCT の撮影条件を決めていないので、両者の画質評価は行っていない。

内部線量を求める際、PTW30010 線量計を使用した場合は (式 1) を、CT 用ペンシル形電離箱を使用した場合は (式 2) より吸収線量を決定した。2 種類の線量計については次項で記述する。また、この線量を用いて、日本放射線技師会で採用されている「X 線 CT における線量測定マニュアル」に基づき、CTDI_w、CTDI_{vol} を (式 3、4) で算出した。

$$\cdot D = I(C) \times 5.653(R/C) \times 2.58 \times 10^{-4}(C/kg/R) \times W \times N_c \times k_{tp} \quad (\text{式 1})$$

$$\cdot D = I(R) \times 2.58 \times 10^{-4}(C/kg/R) \times W \times N_k \times k_{tp} \quad (\text{式 2})$$

*D : 線量(Gy)

I : 測定値

W : 33.97(J/C)

N_c : Co 校正定数 0.9425 (先行研究より)

N_k : 校正定数 0.9579(この値の算出においては次項で記述する)

K_{tp} : 温度気圧補正係数

• $CTDI_w = 1/3 CTDI(\text{中心}) + 2/3 CTDI(\text{上下左右の平均})$ (式 3)

• $CTDI_{vol} = CTDI_w / CT \text{ pitch factor}$ (式 4)



Fig 5

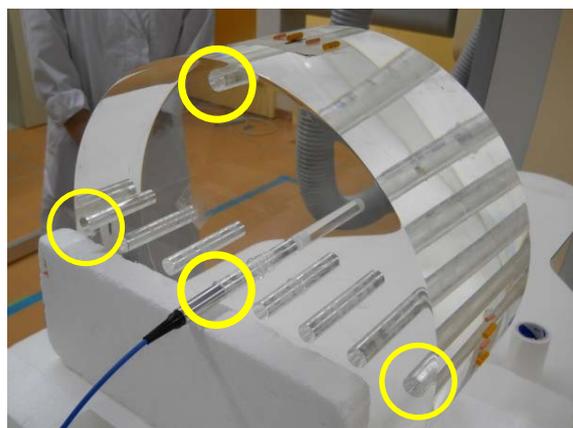


Fig 6

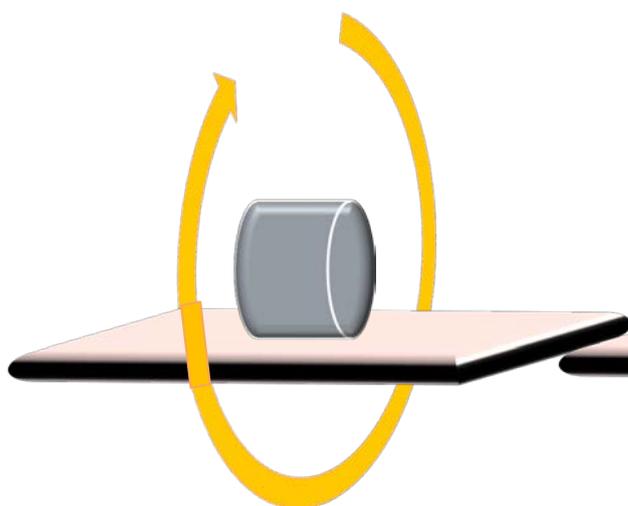


Fig 7 : CBCT における撮影

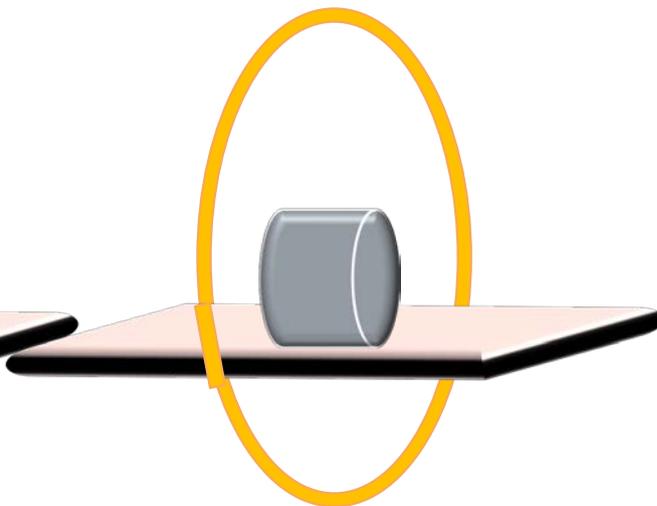


Fig 8 : MDCT における撮影

4.2 CT用チェンバーの校正定数の算出

内部線量を測定する際、PTW30010線量計及びCT用ペンシル形電離箱を使用した。PTW30010は高エネルギー用の電離箱だが、ファントムに入る診断用のものがなかったため代用した。CBCTはどちらの線量計も使用することができるが、MDCTはCT用ペンシル形電離箱でしか測定できないため、校正定数が不明のCT用ペンシル形電離箱の校正定数を求めなければならない。そのため、CBCTにおいて同じ撮影条件で相互校正を行った。

4.3 表面線量の測定

線量計小型素子GD302-M、GD-352Mを用いてファントムの側面にFig 9のように各2個ずつ貼付し、表面線量を測定した。使用したGD352-Mは、本研究で使用された実効エネルギー値帯60~70kVでの相対レスポンスはほぼ1に近いこと、エネルギー依存性は本研究に影響が少ないものと判断できる。(Fig 4) また、GD302-MはFig 4から相対レスポンスを読み取り算出した。

撮影条件は4.1と同じなので省略する。

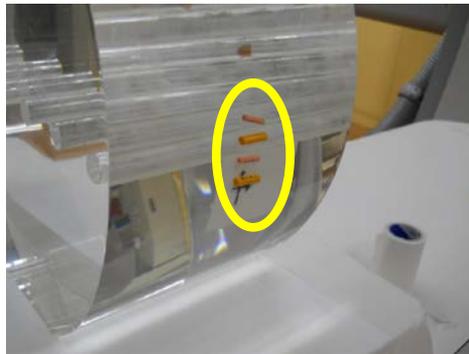


Fig 9

5 結果

内部線量を Table 1 に示す。これらの値から CTDI_w を求めると、MDCT は 11.2mGy、CBCT は 10.9mGy となった。CTDI_{vol} は、MDCT は 14.0mGy となった。

表面線量を Table 2 に示す。上下左右の平均値は、MDCT で 12.4mGy、CBCT で 11.9mGy となった。また、CBCT においては下（背部）で 18.6mGy と一番高い値となった。

内部線量、表面線量ともに CBCT の方が低い値となった。

Table 1. 内部線量の結果

単位：mGy

	上(腹部)	右	下(背部)	左	中心	平均
MDCT	13.2 ±0.0086	13.7 ±0.0099	12 ±0.035	13 ±0.013	7.52 ±0.0085	11.88 ±0.015
CBCT	1.37 ±0.014	14.8 ±0.054	20.3 ±0.218	14.7 ±0.057	7.11 ±0.025	11.65 ±0.074

表 2. 表面線量の結果

単位：mGy

	上(腹部)	右	下(背部)	左	平均
MDCT	12.4±2.21	12.8±1.25	12±1.62	12.4±1.62	12.4±1.68
CBCT	0.92±0.045	13.8±1.79	18.6±1.02	14.3±2.03	11.9±1.22

6 考察

阪大病院では肝細胞に対する TACE で CBCT、MDCT どちらも通常最低 4 回 CT 撮影を行う。4 回のうち 1 回は門脈相を、2 回は肝動脈を、残り 1 回は最後に単純 CT を撮影する。このことから、1 回の治療での内部線量 CTDI_w は、結果より MDCT は 44.8mGy、CBCT は 43.6mGy となり、CBCT の方が約 1.2mGy 低減できる。CTDI_{vol} では、MDCT は 56.0mGy、CBCT は 43.6mGy となり、CBCT の方が約 12.4mGy 低減できる。表面線量においても、MDCT で 49.6mGy、CBCT で 47.6mGy と約 2mGy 低減できる。

7 結語

CT 撮影の回数が同数であれば CBCT の方が被曝低減に貢献できると言えるが、その時々において、回数が増える可能性もあるので、肝細胞に対する TACE では十分に注意してできるだけ回数を抑える必要があると言える。

8 謝辞

本卒業論文を作成するにあたり、多くの有益な助言を賜りました大阪大学大学院医学系研究科医用物理工学講座 松本光弘准教授に深く感謝致します。また、本研究に対し快くご協力頂きました大阪大学医学部附属病院 医療技術部放射線部門の関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

9 参考文献