

64 列 MDCT における女性生殖腺の吸収線量の測定

別所貴仁¹⁾ 高田光雄²⁾ 森下毅¹⁾ 角弘諭³⁾¹⁾ 恵寿総合病院 放射線部 放射線課 ²⁾ 浅ノ川総合病院 放射線科 ³⁾ 恵寿総合病院 放射線部

【要旨】

多列検出器 CT (MDCT : Multi-Detector row Computed Tomography) が臨床へ導入されて以来, 被ばく線量の増加を懸念する報告がなされている。特に女性生殖腺の吸収線量を把握することは, 生殖腺被ばくによる胎児への影響を考える上で重要である。生殖腺は組織感受性が高く, 100 mGy 以上の吸収線量で胎児への影響が出現する可能性がある。CT 検査での被ばく線量の把握には装置に表示される撮影線量指標 (CTDIvol : computed tomography dose index volume) が用いられるが, 実際の各組織・臓器への線量は特定できない。そこで今回, 当院の腹部ルーチン CT 検査における女性生殖腺の吸収線量を測定するため, 女性型スライスファントムと熱ルミネセンス線量計 (TLD : thermoluminescence dosimeter) を用いて測定を行った。その結果, CTDIvol と生殖腺の吸収線量の間には高い相関性が認められ, 回帰直線を算出することができた。この結果から今回算出した関係式より, 女性生殖腺の吸収線量は腹部 CT 検査時に装置に表示される CTDIvol の約 1.5 倍であることが判明し, おおよその被ばく線量を把握した上で撮影を行うことができると考えられた。

Key Words : CT, 被ばく, 女性生殖腺

【はじめに】

原発事故や医療事故などにより被ばくに関する関心が高まっており, 日常の診療においても被験者から放射線による影響や障害について説明を求められることも多くなってきている。また, 多列検出器 CT (MDCT : Multi-Detector row Computed Tomography) が臨床へ導入されて以来, 被ばく線量の増加を懸念する報告がなされている^{1,2)}。被ばく線量の測定には人体等価ファントムや高価な測定器が必要であったり, 実際の測定にはマンパワーと時間がかかり, どの施設においても容易に測定可能というものではない。しかし, 特に女性生殖腺の吸収線量を把握することは生殖腺被ばくによる胎児への影響を考える上で重要である。生殖腺は組織感受性が高く, International Commission on Radiological Protection (ICRP) 勧告では 100 mGy 以上の吸収線量で胎児への影響が出現する可能性があるとしている。CT の撮影線量の低減技術の中で最も重要なものの一つとして CT 用自動露出機構 (CT-AEC : CT automatic exposure control) が挙げられる。CT-AEC は, 位置決め画像や直前の投影データを基に被写体構造を解析し, 管電流を連続的に変化させることによって, 目標とする画質 (画像ノイズ) を保ちながら撮影線量を最適化する技術で

ある^{3,4)}。CT 撮影を実施する際には, 被ばく線量を確認するために, オペレータコンソールに表示される撮影線量指標 (CTDIvol : computed tomography dose index volume) を用いることがある。しかし, CTDIvol はあくまでも単一スライスにおける吸収線量を求めるための指標であり, 対幹部を想定した直径 32cm 円筒形アクリル樹脂ファントム {図. 1 (a)} を用いて測定した評価値であるため, 実際の各組織・臓器への線量は特定できない。今回この CTDIvol と腹部 CT 検査時における女性生殖腺の吸収線量との関係式を求めることで, 装置に表示される CTDIvol からおおよその女性生殖腺の吸収線量を把握したり, また, 検査終了後に検査情報として CTDIvol が記録されるので, 撮影後にも CT 検査全体におけるおおよその被ばく線量を把握できる可能性について検討したので報告する。

【対象と方法】

使用機器は、X線 CT 装置：TOSHIBA 社製 Aquilion 64，熱ルミネセンス線量計（TLD：thermoluminescence dosimeter），TLD 素子：化成オプトニクス社製〔図 1 (b)〕 KYOKKO MSO-S，TLD 読み取り装置：Victoreen 社製 MODEL 2800M，ファントム：京都科学社製 人骨が埋め込まれた女性型アクリルスライスファントム〔図 1(c)〕を用いた。

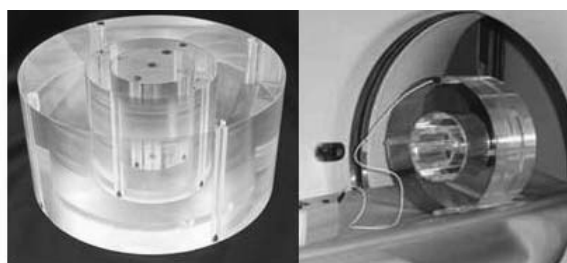
女性型スライスファントムの左右の卵巣位置 2 箇所と子宮位置の前後 2 箇所に TLD 素子を配置し、ファントムのつなぎ目に隙間が出ないように組み立て、ポジショニングを行った（図 2）。そして、肝臓～骨盤までの範囲を管電流変化で CTDIvol を変化させながら 3 回連続でヘリカルスキャンを行い、その平均値を算出した。撮影条件を表 1 に示す。ビーム幅は 32 mm とし、管球一回転あたりの寝台移動

距離を表すヘリカルピッチ（HP：herical pitch）は標準 HP 27 と高速 HP 45 の二通りで行った。表 1 の DLP（Dose Length Product）とは、CTDIvol にスキャンした長さ（cm）を掛けて求めた値であり、CTDIvol とともに線量評価の値として用いられる。また、CT-AEC 機能を使用した場合の生殖腺の吸収線量を評価するために、標準ヘリカルピッチで CT-AEC を使用しない場合の測定と同じ条件で撮影を行った。

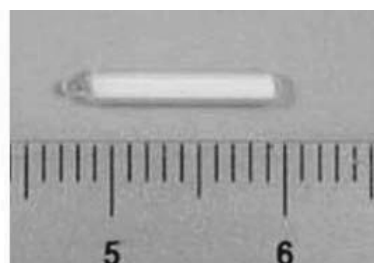
TLD 素子はエネルギー吸収後、4～6 時間後が最も値が安定するので、撮影終了後約 4 時間後に、TLD 素子を一つずつ専用リーダーで読み取り、この読み取った値を TLD 計測値とし、吸収線量を次式より算出した。

吸収線量 = { (TLD 計測値 × 校正定数 ÷ スキャン回数) - バックグラウンドの測定値 - 位置決め画像の測定値 } × 大気補正係数

図 1



a) 直径 32cm 円筒形アクリル樹脂ファントム



b) TLD 素子



c) 女性型アクリルスライスファントム

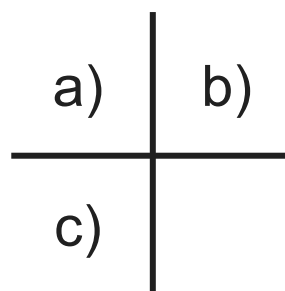


図2 ファントムの撮影範囲と TLD 素子配置

左右の卵巣位置と子宮位置前後2箇所に TLD 素子を配置

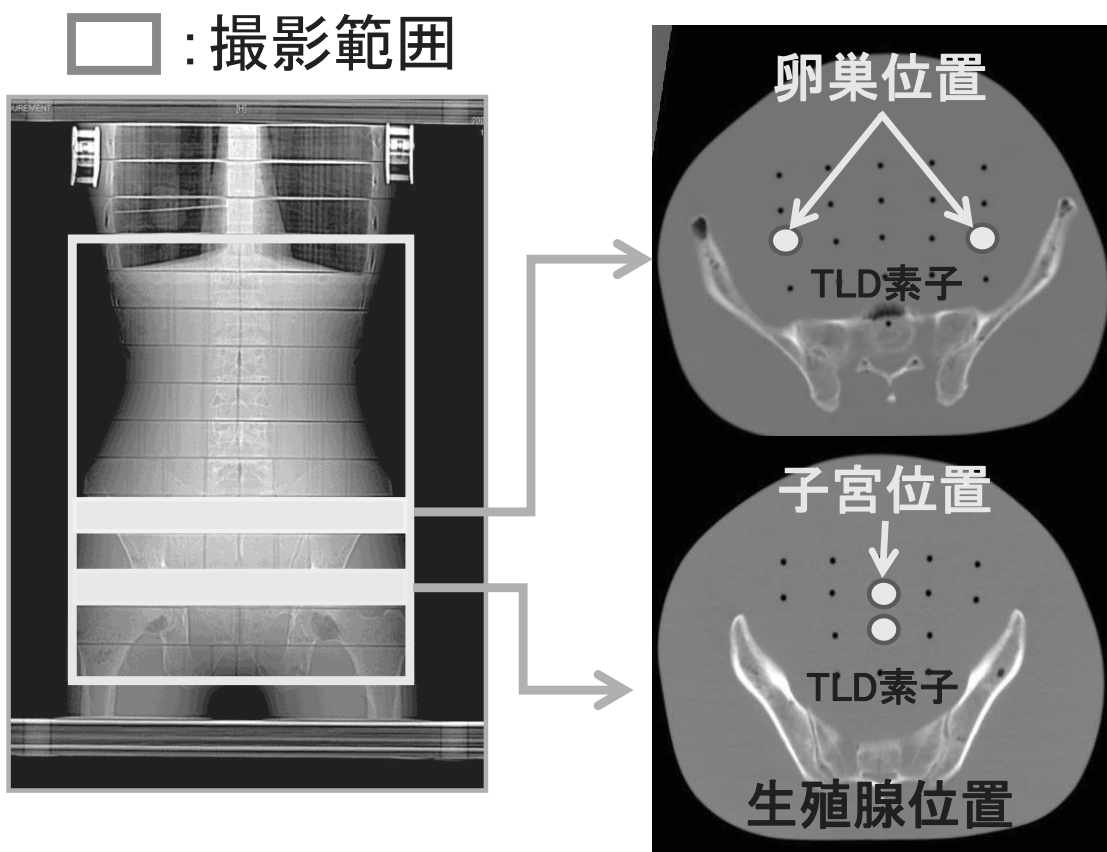


表1 CT 撮影条件

管電圧	管球回転速度	管電流	ヘリカルピッチ	CTDIvol	DLP
[kV]	[sec/rotation]	[mA]	(標準)	[mGy]	[mGy·cm]
120	0.5	100	27	5.6	311.4
120	0.5	200	27	11.1	622.8
120	0.5	300	27	16.7	934.2
120	0.5	400	27	23.2	1295.5
120	0.5	550	27	31.9	1781.3

管電圧	管球回転速度	管電流	ヘリカルピッチ	CTDIvol	DLP
[kV]	[sec/rotation]	[mA]	(高速)	[mGy]	[mGy·cm]
120	0.5	150	45	5.0	298.3
120	0.5	300	45	10.0	596.6
120	0.5	450	45	15.6	930.7

【結果】

標準 HP および高速 HP における CTDIvol と子宮・卵巣の吸収線量の関係を図 3 (a), (b) に示す。左右の卵巣位置と子宮の前後位置に配置した TLD 素子はいずれも近い値を示した。そこで、子宮の前後位置と左右の卵巣位置に配置した TLD 素子の吸収線量の平均値を生殖腺の吸収線量値 (y) とし、CTDIvol (x) との相関係数および回帰直線を算出した {図 3 (c), (d)}。標準 HP と高速 HP は、ともに相関係数は 0.99 以上となり、CTDIvol と生殖腺の吸収線量値の間には高い相関性が認められた。標

準 HP では、 $y=1.58x-2.01$ 、高速 HP では、 $y=1.43x+0.15$ の回帰直線が求められた。したがって、当院の腹部ルーチン CT 検査時の生殖腺の吸収線量は、装置に表示される CTDIvol の約 1.5 倍であると推測された。

また、CT-AEC 機能を使った場合の子宮の前後および左右の卵巣の吸収線量結果を表 2 に示す。右側卵巣 38.8 mGy、左側卵巣 37.5 mGy とほぼ同線量であったが、子宮の前部 41.9 mGy、同後部 33.7 mGy と少し前後差が認められた。生殖腺の平均吸収線量は 38.0 mGy であった。

図 3 標準 HP および高速 HP における CTDIvol と生殖腺の吸収線量の関係

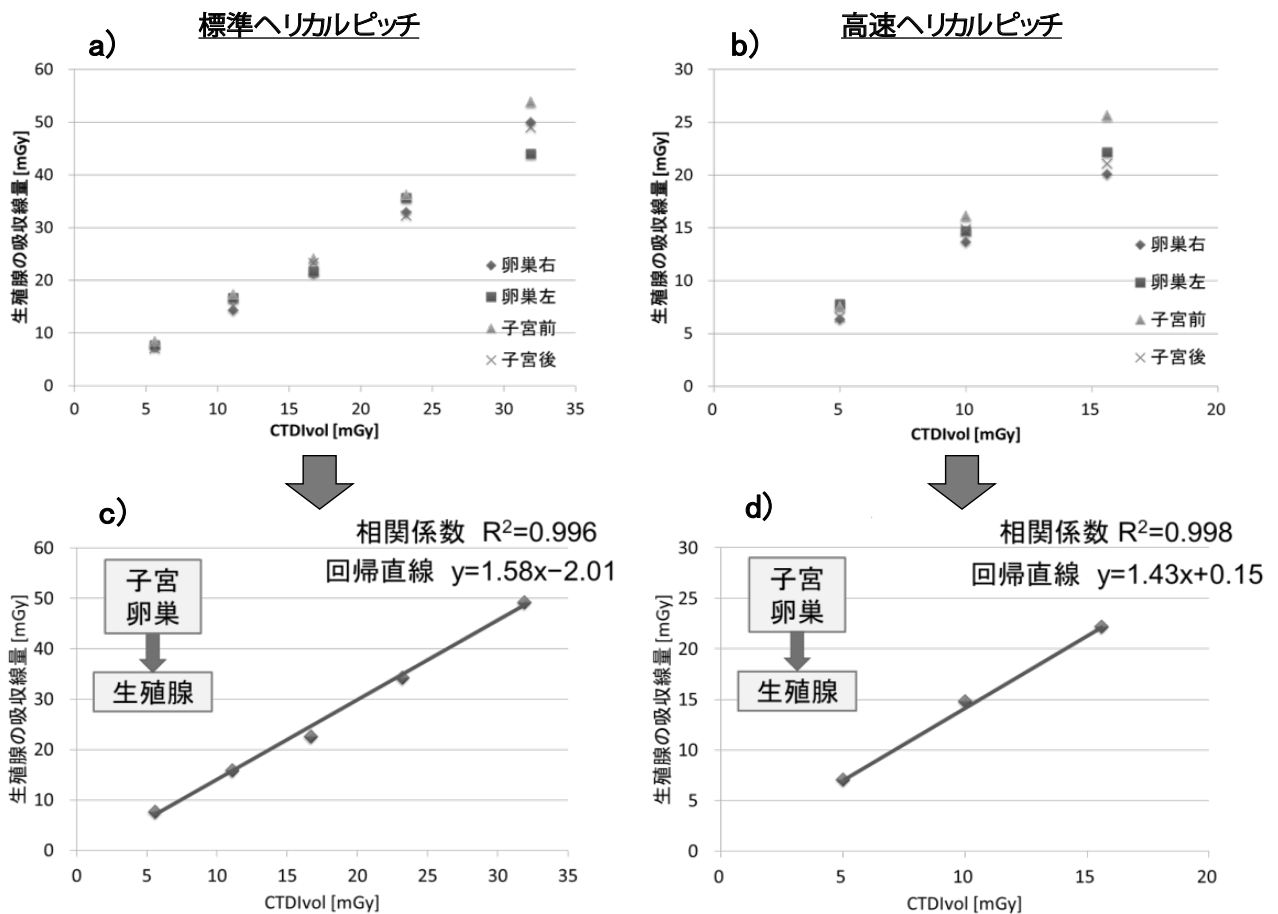


表 2 CT-AEC 使用時における生殖腺の吸収線量

単位 : mGy

子宮前	子宮後	卵巣右	卵巣左	生殖腺平均
41.9	33.7	38.8	37.5	38.0

【考察】

当院の腹部ルーチン CT 検査における女性生殖腺の吸収線量を TLD と女性型スライスファントムを用いて測定した。今回算出した関係式より、腹部 CT 検査時に CT 装置に表示される CTDIvol の約 1.5 倍が女性生殖腺の吸収線量であることが判明し、これによりおよそその吸収線量を把握した上で撮影を行うことができるようになった。また、標準 HP と高速 HP の回帰直線は CTDIvol が一定ならば本来一致するはずであるが、今回の測定における標準 HP と高速 HP の回帰直線の相違は測定回数が少ないため、測定誤差が生じたと考えられる。測定回数を増やせば計測値は正規分布に近づくので、標準 HP と高速 HP の回帰直線は一致すると推定できる。

表 2 の子宮の前後位置の TLD 素子の吸収線量の測定差については、ファントムの中には人骨が埋めこまれているので、後方および側方からの X 線が骨盤骨による吸収を受けて、子宮の後方位置に配置した TLD の吸収値が低下したと考える。CT-AEC 機能使用時の生殖腺の平均吸収線量が平均管電流 440 mA で 38.0 mGy であったことから、撮影条件や単純撮影と造影撮影の組み合わせによっては生殖腺の合計吸収線量が 100 mGy を超える可能性がある。特に妊娠可能な女性の CT 検査には撮影範囲を絞り、生殖腺被ばくを下げる、過度にヘリカルピッチを細かくしない、安易に造影 CT を追加しないなどの細心の配慮を要すると考える。また、被ばく線量低減のために管電圧を下げた撮影する方法も考えられるが、この場合ノイズが増え画質も低下する。しかし、小児や体格の小さな方は管電圧を下げた撮影することも被ばく線量低減に有効であると考えられる。ただし、管電圧を下げた場合の画質の調整や体厚との関係を詳しく検討する必要がある。

我々放射線技師は CTDIvol の算出方法を理解し、CTDIvol = 被ばく線量ではないこと、CT 検査の被ばく線量が高いことを認識した上で、患者被ばく線量を低減しつつ、診断に必要な画質を確保するためには惜しまない日々の努力と研鑽が求められる。

【文献】

- 1) 松原孝祐・他：X 線 CT 装置間での線量プロフィールおよび患者被ばく線量の比較評価。日本放射線技術学会雑誌 61(5)：683-690, 2005
- 2) 松原孝祐・他：X 線 CT 装置間の患者被ばく線量の比較—人体等価ファントムによる基礎的検討—。日本放射線技術学会雑誌 53(5)：1594-1598, 2006
- 3) 村松禎久, 池田 秀, 木村春樹, 他：CT 用自動露出機構 (CT-AEC) の性能評価班報告書。日本放射線技術学会雑誌 61(8)：1094-1103, 2005
- 4) 村松禎久, 池田 秀, 大沢一彰, 他：CT 用自動露出機構 (CT-AEC) の性能評価班最終報告書。日本放射線技術学会雑誌 63(5)：534-545, 2007