

TOPICS

CTの進歩とCT被曝

木村 文子 (国際医療センター 画像診断科)

1998年に多列検出器CT (MDCT)が発表され、短期間のうちに4列, 16列, 64列と検出器の列数が増加し、2007年には320列CTも登場しました。多列検出器CTの登場のおかげで、短時間で、全身のCTを撮影できるようになり、さらに心電図を同期することにより冠動脈CTも可能になりました。これに伴い、最近では、早期癌であっても、頸部から骨盤までのCT撮影をとりあえず依頼されることが多くなりました。また、術前に血管の解剖を理解するために、CTによる血管の三次元表示も同時に依頼されることも少なくありません。そうすると、患者さんは、広範囲で、かつ、複数回(単純CT, 造影CTの動脈相, 門脈相, 平衡相など)のX線被曝をうけ、CTによる被曝線量は増加することになります。また、検査時間が短くなることにより、1日に検査できる患者さんの数が増え、予約待ち時間も少なくなり、CT検査数は増加し続けます。このような結果、CT検査による被曝線量は、医療被曝の大きな比重を占めるようになりました。

福島原発事故後、ニュースでCTの被曝線量が頻回に放送されていました。放送されていたCT1回の被曝線量(実効線量)6.9 mSvは、比較的正しい値ですが、被曝線量は患者さんの体型、撮影部位、撮影方法によって大きく異なります。当たり前のことですが、たっぷりX線を照射すると、ノイズ(雑音)の少ない非常にきれいな画像を得ることができます。やっかいなことに、単純X線写真とは異なり、CTでは被曝線量が多いほど、きれいな画像を得ることができますので、放射線科医や診療放射線技師は、きれいな画像を求めて、被曝線量を気にかけず撮影していた時代もありました。CT被曝は、世界中の先進国で同様に抱えている問題であり、昨年の北米放射線学会の大きなテーマの1つでした。被曝低減が可能であっても、ノイズの多い診断困難な画質では意味がありませんので、画質を保ちつつ、被曝低減を行うことがキーポイントになります。

CT被曝低減の1つの方法として、「逐次近似法」という画像再構成法が注目を浴びています。1972年のCT発明以来、再構成法にはフィルタードバックプロジェクション法が用いられてきましたので、再構成法の

変化は大きなTOPICSになっています。逐次近似法を用いると画像のノイズを減らすことができるので、少ない線量(低電流, 低電圧)で、従来と同じような画質を担保できるのです。この逐次近似法が可能になった背景には、多くの計算量を瞬時に処理するコンピュータの進歩があります。

完全な逐次近似法を用いると、低線量で撮影しても、ノイズの少ない画像を得ることができます(図1A, B)。ただし、画像作成に長い時間がかかり(1症例で30分~1時間程度)、ルーチンの臨床診療には使用できず(国際医療センターでは1日に100件程度のCT検査を行っていますので、翌日になっても画像作成が終わらない)、現在は研究目的や限られた症例に使用されていることが多いようです(当院では施行できません)。現在は、現実的な方法として、従来の撮影に比べて、30-50%の被曝低減が可能な再構成方法を使用している施設が多いと思われます。国際医療センターでも、昨年末よりASiRという部分的な逐次近似法を用いて、低線量による撮影を徐々に始めております。ただし、この画像再構成法は新しいコンピュータを搭載したCTのみで可能であり、国際医療センターでは、2階の64列CTのみ可能です。すなわち、過渡期にあたる現時点では、患者さんはどのCT機種で検査を受けるかにより同じ検査を受けても被曝線量が異なることになります。

さて、患者さんからCTによる被曝線量を質問された場合、どのように答えればよいのでしょうか? 国際医療センターでは、CT画像の最後に、「dose report」という項目が入っています。これは、今回のCT検査で受けた被曝線量であり、CTDIvol (volume CT dose index; mGy, ミリグレイ)とDLP (CTDIvolに撮影した距離を乗じたもの; mGy・cm)が記載されています(図2)。ただし、これらの値は、ファントムで計測した数値から推測した線量であり、CT検査を受けた患者さんに吸収された線量とは同一ではありません。なぜならば、患者さんの体格による補正が行われていないからです(体格の大きい患者さんでは、照射線量を2倍に増加させても、皮下脂肪組織などで吸収され、被曝の影響を受ける臓器の吸収線量は2倍にはな

らないのですが、このような補正は行われていないのです)。本来、dose reportの目的はCT検査プロトコルの違いによる線量を比較することであり、患者さんの吸収線量を評価することではありません。従って、dose report上のDLPに変換係数 κ を乗じて実効線量を求めることも、CT検査による発がんリスク評価に用いることは正しいとは言えません。しかし、この方法は、簡便であるため、多くの施設で実効線

量(mSv, ミリシーベルト)を求める方法として用いられています。変換係数 κ は、患者さんの年齢、撮影した部位により設定され(表1)、(実効線量 = $DLP \times \kappa$)の数式により、CT検査による患者さんのおおよその実効線量を推測することができます。正確ではありませんが、若年者や繰り返してCT検査を受ける患者さんには、被曝線量の目安になると思われますので、ご利用ください(表2)。

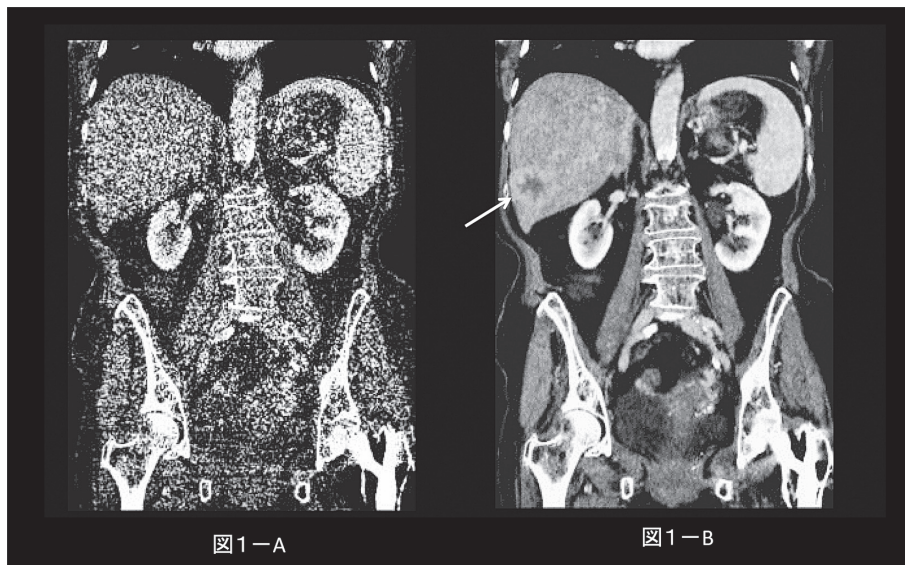


図1. 肝腫瘍の患者に対して、120 kVp, 10 mAの超低線量(0.54 mSv)で撮影し、従来のフィルタードバックプロジェクション法で再構成した画像(図1-A)と逐次近似法による画像(図1-B)を示します。Bの画像ではノイズが著明に減少し、Aでは見えない肝腫瘍(→)が同定できます(GEヘルスケア提供の画像)。

Exam Description: abdomen 3P					
Dose Report					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	S200.000-I10.000	9.34	256.67	Body 32
200	Axial	S128.500-S128.500	12.18	6.09	Body 32
3	Helical	S200.000-I10.000	12.40	317.83	Body 32
3	Helical	S200.000-I10.000	12.43	318.50	Body 32
3	Helical	S200.000-I10.000	11.03	302.96	Body 32
Total Exam DLP:				1202.05	

図2. 肝腫瘍精査のために施行したCT検査のdose reportを示します。この患者さんは、単純CT、腹部大動脈への造影剤到達時間測定のためのスキャン、造影CT 3相(動脈相、門脈相、平衡相)の計4回の撮影が行われています。DLPの総計は1202.05 mGyであり、 $\kappa = 0.015$ を乗ずると、実効線量18.03 mSvを計算することができます。

最後に、国際医療センターで行われている標準的なCT検査による被曝線量（従来の撮影プロトコールと被曝低減を考慮した新しいプロトコール）を表2に示します。多くの先生方は、被曝線量の多さに驚かれることと思いますが、その主な原因は撮影距離

が長いこと（胸部～骨盤までの撮影など）、3D 血管造影などのために複数時相の撮影を行うことにあります。CT検査を依頼される際の参考にしていただき、無駄な検査による被曝を減らしていただきたいと思います。

表 1. DLPから実効線量を求める変換係数

撮影部位	変換係数 κ (mSv, mGy ⁻¹ , cm ⁻¹)				
	0歳	1歳	5歳	10歳	成人
頭頸部	0.013	0.0085	0.0057	0.0042	0.0031
頭部	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
頸部	0.017	0.0120	0.0110	0.0079	0.0059
胸部	0.039	0.0260	0.0180	0.013	0.014
腹部・骨盤	0.049	0.0300	0.0200	0.015	0.015
躯幹	0.044	0.0280	0.0190	0.014	0.015

ICRP 2007 recommendations of the international commission on radiological protection (publication 102). Ann ICRP 2007;37(1):73-9.より抜粋.

表 2. 国際医療センターにおける成人CT検査被曝線量

撮影部位	従来の撮影方法		被曝低減撮影方法	
	DLP (mGy・cm)	実効線量 (mSv)	DLP (mGy・cm)	実効線量 (mSv)
頭部	1000-1500	2.1-3.2		
頭部 CTA*	450-650	1-1.4		
頭部～頸部CTA*	1200-1600	7-9.4		
胸部～上腹部 (肺癌プロトコール)	500-1200	7-16.8	160-340	2.2-4.8
腹部～骨盤	600-1000	9-15	210-400	3.2-6
上腹部3時相	1000-3000	15-45	400-700	6.0-10.5
胸部腹部大血管3D	2400-3600	36-54	900-1600	13.5-24
冠動脈(心臓)	170-1800	2.3-25	110-1000	1.5-14

*CTA= CT angiography