

治療計画CT装置のプロセスベースによる CT値の許容限度および介入限度の評価

魚沼基幹病院 放射線技術科 ○上村 直史(Kamimura Tadashi)
桑原 亮太 栗林 俊輝 井開 章博 金子 隼汰 高頭 浩正
新潟大学医歯学総合病院 放射線治療科 棚邊 哲史
魚沼基幹病院 放射線治療科 川口 弦

【目的】

2021年の欧州放射線腫瘍学会の報告¹⁾によると、臨床試験では組織吸収線量 (Dose to medium) による線量計算の使用が推奨されている。したがって、治療計画CT装置 (以下、計画CT) の品質管理において、水以外の材質のCT値の管理が重要となる。しかし、米国医学物理学会 (以下、AAPM) のタスクグループ66レポート (TG-66)²⁾では、水のCT値の管理に関しては許容限度 0 ± 5 Hounsfield Unit (HU) と記されているのに対し、水以外の材質に関しては、4から5種類の異なる材質での管理を推奨しているが許容限度の記載はない。本研究では、プロセスベースによる水以外の材質のCT値に対する許容限度および介入限度を評価する。

【方法】

2020年5月から2022年9月の間、計画CT (SOMATOM Definition AS、SIEMENS社製) を用いて週1回の頻度でCT評価用ファントムCatphan504 (Phantom Laboratory社製) を撮影した。以下の条件 (120 kVp、160 ref.mAs、1.0 sec/rot、Pitch 0.6) で撮影し、スライス厚3 mm、Bf39カーネル、SAFIRE強度1の条件下にて画像再構成した。画像をRIT113 Complete Version 6.3 (Radiological Imaging Technology社製) へ転送後、Catphan504のCTP404モジュール内の各材質 (air、polystyrene、background、LDPE、PMP、teflon、delrin、acrylic) のCT値を自動で算出した。2020年5月以降1年間のCT値データを用いて、Sanghangthumらが提案したプロセス³⁾にて各材質のCT値の許容限度および介入限度を算出した；

$$\text{許容限度} = \text{center line} \pm 2.660 \cdot \overline{mR} \quad (1)$$

$$\text{center line} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

$$\overline{mR} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n |x_i - x_{i-1}| \quad (3)$$

$$\text{介入限度} = \text{center line} \pm \frac{\Delta A}{2} \quad (4)$$

$$\Delta A = \beta \sqrt{\sigma^2 + (\bar{x} - T)^2} \quad (5)$$

ここで、*center line* は1年間分の平均CT値、 \overline{mR} は平均移動範囲を表す。また、 ΔA は介入限度範囲、 β はプロセス品質レベル定数、 σ は1年間分のCT値の標準偏差、 \bar{x} はプロセス平均、 T はプロセスの理論値を表す。本研究では先行研究³⁾を参考に β の値を5、6、7に設定し、許容限度が介入限度を上回らない最適な β 値の検討を行った。限度値設定以降も同様の過程でCatphan504を撮影し、限度値設定前後におけるCT値変化をSDで評価した。

【結果・考察】

各材質における*center line* (HU)、許容限度 (HU) 及び介入限度 (HU) の結果を示す (Table 1)。許容限度は最大でもteflonの5.1 HUあった。 β 値が5および6の場合、材質によって許容限度が介入限度を上回ったため、 $\beta=7$ の値を介入限度とした。許容限度の最も大きかったteflon (Fig.1)、最も小さかったacrylic (Fig.2) のCT値変動のグラフを示す。限度値設定後teflonやacrylicは時折、許容限度を超える日もあった。しかし、全ての材質において介入限度を超える日は見られず、計画CTは長期的に安定していると考えられる。プロセスベースを用いる事でteflonのような漸増や漸減がある場合、一般的に使用される2SDよりも $2.660 \cdot (\overline{mR})$ は厳しい許容限度値設定となり敏感に対応が可能となる。また限度値設定前後におけるCT値のSDは概ね同等 (Table 2) であり、限度値設定に使用したデータ取得期間は適切と思われる。

Table 1 各材質の*center line*、許容限度及び介入限度

材質	<i>center line</i> (HU)	許容限度 (HU)	介入限度(HU)		
			$\beta=5$	$\beta=6$	$\beta=7$
air	-978.2	2.0	1.8	2.2	2.5
polystyrene	-29.8	2.9	2.5	3.0	3.5
background	98.9	2.9	2.3	2.8	3.3
LDPE	-87.0	3.1	3.7	4.5	5.2
PMP	-174.9	2.9	2.6	3.1	3.7
teflon	926.3	5.1	7.6	9.2	10.7
delrin	347.3	3.5	2.8	3.4	4.0
acrylic	120.0	1.3	1.4	1.6	1.9

Table 2 限度値設定前後CT値のSD

材質	SD(HU)	SD(HU)
	(2020/5/22-2021/5/21)	(2021/5/28-2022/9/30)
air	0.72	0.67
polystyrene	1.0	1.0
background	0.94	0.62
LDPE	1.5	1.2
PMP	1.0	1.1
teflon	3.1	2.2
delrin	1.1	1.1
acrylic	0.54	0.57

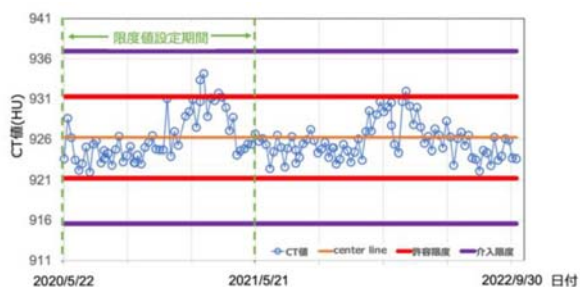


Fig.1 teflonのCT値変動

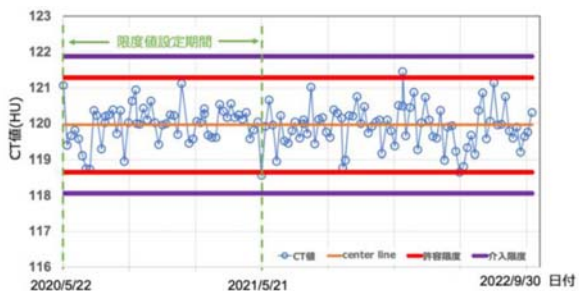


Fig.2 acrylicのCT値変動

【まとめ】

プロセスベースを用いて当院の計画CTにおける各材質のCT値の許容限度および介入限度を決定した。全ての材質においてCT値は算出した介入限度を超える材質はなく、当院の計画CTは長期的に安定していると考えられる。

【謝辞】

本研究の一部は、JSPS科研費JP21K07722の助成を受けたものである。

【参考文献】

- 1) Kry SF, Lye J, Clark CH, et al.: Report does-to-medium in clinical trials where available ; a consensus from Global Harmonisation Group to maximize consistency. *Radiother Oncol*, 159, 106-111, 2021
- 2) Mutic S, Palta JR, Butker EK, et al.: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 66. *Med Phys*, 30 (10) ,2762-2792, 2003
- 3) Sanghangthum T, Suriyapee S, Kim GY, et al.: A method of setting limits for the purpose of quality assurance. *Phys Med Biol*, 58 (19) , 7025-7037, 2013