

Varian OBI による CBCT 撮影時の被ばく線量測定

四国がんセンター 澁谷皓平

共同演者：片岡伸子 須内光明 袖岡紀孝 前田武志 善本貴 安友基勝 濱田佐利

【目的】

昨年 3 月、当院の Varian Clinac 21EX に OBI を搭載し、IGRT を開始した。これに伴い CBCT が撮影できるようになり、前立腺・頸部の IMRT において、軟部組織がみえることで、より精度の高い位置照合が行えるようになった。

しかし、撮影回数を決めるにあたって、被ばく線量を考慮しなければならない。そこで、照射件数の多い前立腺 IMRT の被ばく線量を測定してみることにした。

【使用機器】

直線加速器：Varian 社 CLINAC 21EX

OBI：Varian 社 On-Board Imager

電離箱：PTW 社 30cm³ cylinder stem ionization chamber type23361

PTW 社 NT30009 10cm ペンシル型電離

SCANDITRONIX=Wellhofer 社 DC300

電位計：東洋メディック社 RAMTEC1500 RAMTEC1000plus

その他：CT 用アクリルファントム 円柱型 直径 32cm、吸収板 アルミ板

【方法】

骨盤部の撮影法としてプリセットされている各撮影法 (Table1) について測定を行った。

①実効エネルギーの測定

・使用機器：DC300 RAMTEC1000plus、アルミ板

・次の 3 条件で測定する(管電圧 125kV)

i) Bowtie-filter なし

ii) Bowtie-filter の中心 (Fig.1 の (イ))

iii) Bowtie-filter の辺縁 (Fig.1 の (ロ))

Scan-Mode [⊕]	Pelvis [⊕]		Pelvis spot light [⊕]
管電圧 (kV) [⊕]	125 [⊕]	125 [⊕]	125 [⊕]
管電流 (mA) [⊕]	80 [⊕]	80 [⊕]	80 [⊕]
照射時間 (msec) [⊕]	13 [⊕]	13 [⊕]	25 [⊕]
回転角度 (°) [⊕]	360 [⊕]	360 [⊕]	200 [⊕]
照射数 (回) [⊕]	655 [⊕]	655 [⊕]	360 [⊕]
mAs 値 (mAs) [⊕]	680 [⊕]	680 [⊕]	720 [⊕]
Fan type [⊕]	Half [⊕]	Half [⊕]	Full [⊕]
Bow-tie Filter [⊕]	Half [⊕]	なし [⊕]	Full [⊕]

Table 1 各撮影条件[⊕]

Bowtie-filter	Al 半価層 (cm)	μ	μ/ρ	実効エネルギー (keV)
(-) 無し	0.496	1.399	0.518	41.9
(+) 中心	0.609	1.138	0.422	46.6
(+) 辺縁	1.207	0.574	0.213	76.3

②線量計の校正 Fig.2

・使用機器：リファレンス線量計 RAMTEC1500us

30cm³ cylinder stem ionization chamber type 23361 (ハ)

RAMTEC1000pl NT30009 10cm ペンシル型電離箱 (ニ)

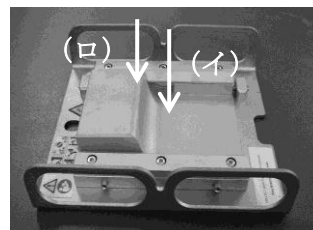


Fig.1 Full Fan 用 Bowtie-filter

	線量計指示値		空気密度補正後		校正定数	
type 23361	40.18	μ C/kg g	40.7	μ C/kg g	2.395E+02	μ C/kg/n C

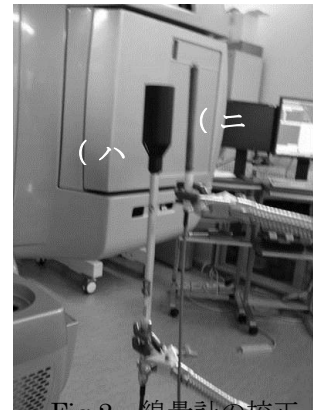


Fig.2 線量計の校正

③CBCTの線量測定：Half Fan と Full Fan の比較

- i) Half Fan **without** Half Fan用 Bowtie-filter
- ii) Half Fan **with** Half Fan用 Bowtie-filter
- iii) Full Fan with Full Fan用 Bowtie-filter

各撮影条件(Table1)で、直径 32cm 幅 15cm のアクリルファントムを撮影し、CT用ペンシル型電離箱を用いて、図の位置(Fig.3)で吸収線量を測定する。

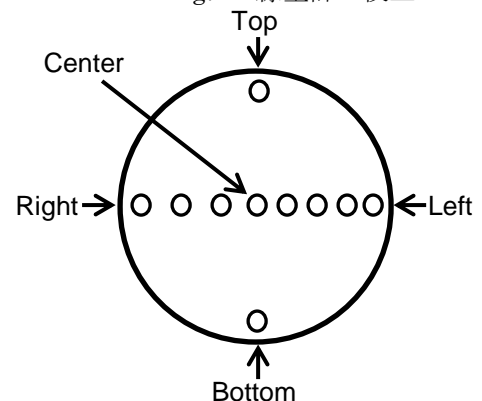


Fig.3 ファントム中の測定位置

- ・使用機器：NT30009 10cm ペンシル型
RAMTEC 1000plus

・各点の線量計指示値より次の式を用いて計算する

$$X[C/kg] = X_{out} \times f \times K[C/kg]$$

X : 照射線量 X_{out} : 線量計指示値

f : 校正定数 K : 大気補正係数

$$D_{air}[Gy] = X[C/kg] \times 33.97[J/C]$$

D_{air} : 空気吸収線量 X : 照射線量

$$D_{acryl}[Gy] = D_{air}[Gy] \times \frac{(\mu_{en}/\rho)_{acryl}}{(\mu_{en}/\rho)_{air}}$$

$(\mu_{en}/\rho)_{acryl}$: アクリルファントムの吸収線量
 $(\mu_{en}/\rho)_{air}$: アクリルの質量エネルギー吸収係数

④CBCTの線量測定：Full Fan 下回りと Full Fan 上回りととの比較

kB管球が 290° から 90° (下回り)まで回転する場合と 90° から 250° (上回り)まで回転する場合を比較し、それぞれの場合の線量の偏りを確認する。

⑤Bowtie-filter の比較

Full Fan Beam 撮影において Bowtie-filter の違いによる線量の違いを比較した。

⑥直腸線量の比較

Full Fan Beam 下回り、Full Fan Beam 上回り、Half Fan Beam 撮影時の直腸の線量がどのように変化するか比較した。

【結果】

A) Pelvis の撮影条件で Bowtie-filter をつけないとき i) とつけたとき ii) との比較

Half Fan 撮影の吸収線量	Center	Top	Left	Bottom	Right	
Bowtie-filter(-)	12.4	34.6	37.1	34.1	37.2	mGy
Bowtie-filter(+)	10.0	23.1	23.6	23.3	23.3	mGy
(+)/(-)	80.9%	66.7%	63.6%	68.2%	62.5%	

※Bowtie-filter(+)のときの質量エネルギー吸収係数比は、Center では実効エネルギー46.6keV から算出した 0.7239、その他は実効エネルギー76.3keV から算出した 0.9344 を用いた。

B) Half Fan ii) と Full Fan iii) との比較

吸収線量	Center	Top	Left	Bottom	Right	
Half Fan	10.0	23.1	23.6	23.3	23.3	mGy
Full Fan	9.4	1.2	17.5	34.8	30.1	mGy

C) Full Fan 下回り と Full Fan 上回り との比較

吸収線量	Center	Top	Left	Bottom	Right	
a	9.4	1.2	17.5	34.8	30.1	mGy
b	10.2	35.7	18.0	1.2	30.3	mGy

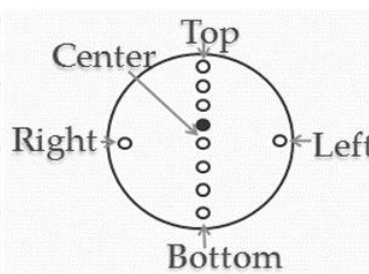
D) Bowtie-filter の比較

a : 下回り	Center	Top	Left	Bottom	Right	
Full Fan	9.4	1.2	17.5	34.8	30.1	mGy
Half Fan	15.2	1.2	38.7	62.2	39.3	mGy

b : 上回り	Center	Top	Left	Bottom	Right	
Full Fan	10.2	35.7	18.0	1.2	30.3	mGy
Half Fan	16.6	64.5	23.8	2.8	55.8	mGy

E) 直腸線量の比較 (図の黒点を直腸の位置とした)

	(bottom)	0(center)	3.75(rectum)	15(top)
Full Fan Beam 上回り	2.8	12.8	18.9	64.5
Full Fan Beam 下回り	62.2	11.7	8.6	1.2
Half Fan Beam	23.1	10.0	11.1	23.6



【考察】

A) Pelvis の撮影条件で Bowtie-filter をつけないとき i) とつけたとき ii) との比較

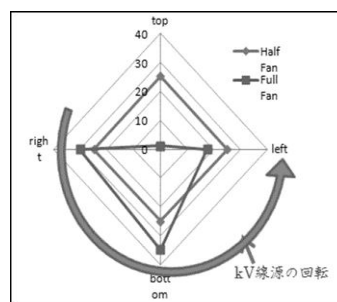
◇Half Fan モードでの撮影による吸収線量は、ファントム中心で 10.0mGy、辺縁部で 23.3mGy であった。

◇Bowtie-filter をつけた場合、辺縁部の吸収線量はつけない場合の約 65% に減少する。このことから、実際に Bowtie-filter が皮膚線量の低減に寄与していることがわかった。

B) Half Fan ii) と Full Fan iii) との比較

◇Full Fan では、線源が 290° から 90° までしか回転しないので、その側 (bottom と right) の吸収線量が高くなる。

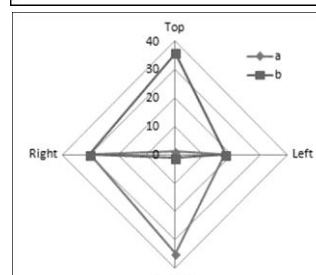
◇Full Fan の撮影条件の mAs 値が Half Fan より大きいので、Half Fan より吸収線量の高い部分が生じる。
(bottom と right)



C) Full Fan 下回り と Full Fan 上回り との比較

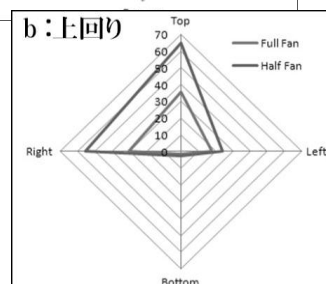
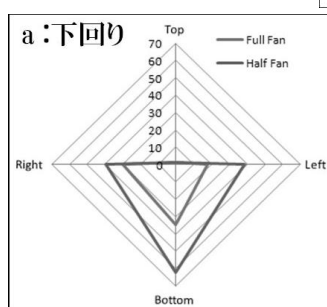
◇下回り (a) では kV 管球が回転した Bottom 側が、上回り (b) では Top 側の線量が大きいことが解る。

◇このことから撮影ごとに角度を変えることによって、被曝線量の偏りを解消することが出来ると考える。



D) Bowtie-filter の比較

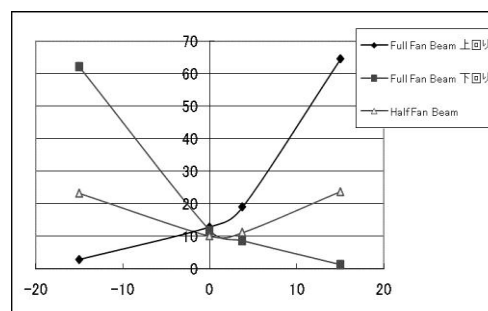
◇Half Fan Filter を用いた方が Full Fan Filter を用いたよりも吸収線量が増加している。場所によってはほぼ倍になっていることが分かる。



E) 直腸線量の比較

◇各測定点の計測結果をグラフに示す。これにより腹臥位での撮影では Full Fan Beam 上回りが最も直腸線量が高くなることが解った。

しかしグラフを見ると、直腸線量の差よりも皮膚表面線量の差の方が大きいということが解る。



【まとめ】

◇これまでに発表された Varian OBI による CBCT の線量測定では、10~80mGy という結果が報告されている。Rando phantom と TLD を使った測定では、Pelvis で 21~45mGy という報告もある。よって今回の結果は妥当であると思われる。

◇この結果から Full Fan Beam は下回り、上回りと交互に撮影し被曝線量の偏りを防ぐことにした。また Half Fan Filter を用いた方が Full Fan Filter を用いたよりも被曝線量が多くなるが、Half Fan 用の Bowtie-Fiter を使用した方が画質が良く軟部組織の同定が容易なため、当院では Half Fan 用の Bowtie-Fiter を使うことにした。

◇腹臥位での撮影では直腸線量は上回りが多くなるが、直腸線量の差よりも皮膚表面線量の差の方が大きいので、やはり下回り、上回りと交互に撮影することにした。