



Title	病巣内線量分布の均等性の研究 第2報 所謂200KV X線治療について
Author(s)	山下, 延男
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1963, 22(10), p. 1125-1130
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20163
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

病巣内線量分布の均等性の研究

(第2報) 所謂 200KV X線治療について

東北大学医学部放射線教室(主任 古賀良彦教授)

山 下 延 男

(昭和37年12月4日受付)

Studies on Homogeneity of Dose Distribution in Tumor
(2nd Report) So-called 200 KV X-ray Therapy

By

Nobuo Yamashita

Department of Radiology, Faculty of Medicine

Tohoku University, Sendai

(Director: Prof. Y. Koga)

In this report the author checked the dose distribution in tumor of the so-called 200 KV X-ray from the data of Worthley & Wheatley's $S(x)$, Johns and Mayneord & Lamertron.

Heterogeneity index, as defined in the author's previous report, was calculated from the above mentioned data under the following condition;

F.S.D. 50 cm, H.V.L. 1.0, 1.5 and 2.0 mm Cu, assuming the radius of the tumor sphere to be from 1 to 4 cm. The result were as follows;

1) One field irradiation

When H.V.L and F.S.D was constant, the heterogeneity index increased with the increase of the tumor radius. But, when the tumor depth in body was changed, heterogeneity index changed a little, while the change of X-ray quality caused little variation of the index.

2) Two fields irradiation

Heterogeneity index was less than that of one field irradiation.

3) Four fields irradiation

Heterogeneity index was under 1%.

内容目次

I 緒言	VII 多門照射の均等性
II Worthley & Wheatley の $S(x)$ について	VIII 結語
III 病巣の位置、大きさと照射野の関係	文献
IV 不均等指數と近似的計算法について	I. 緒 言
V 一門照射の均等性	前報は主に不均等指數の定義について述べた。

実際、これを近似的に求めるためには、病巣内の線量分布が詳しく、正確に測定されていなければならぬ。今までに測定し発表されている線量分布の多くは等量曲線の形であり、これより不均等指數を計算するのはむずかしい。又中心線軸上ののみの線量率として出されている場合も同様である。要するに中心軸上ののみならず各深さの平面上の線量分布を正確に知らねばならない。

普通X線深部治療として用いられている所謂 200KV X線について Worthley & Wheatley の $s(x)$ を用い病巣内の空間的線量分布を求め、種々の大きさの腫瘍の均等性について次に述べる。

II Worthley & Wheatley の $s(x)$ について

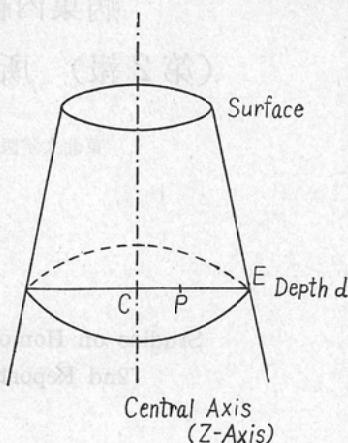
線量は一次線と散乱線の和と考え、一次線は任意の深さの病巣内平面で均一と考える。中心軸上の任意の点Cの散乱線を100%とすれば、Fig. Iで示すようにPを任意の深さの病巣内の任意の点とすれば、 $CP/CE=x$ と置けるP点の散乱線はWorthley & Wheatleyによれば、 $s(x)$ の函数で示している。 $s(x)$ は線質H.V.L 1.0mm～2.0mm Cu、焦点皮膚間距離40～100cmの範囲のX線では一定の大きさの型の照射野で照射する場合、散乱線はXのみによって決められる。その誤差は臨床の目的としては無視得る。円形の照射の $s(x)$ については表Iで示した。任意の深さdcm、xで示される任意の点Pの線量を D_{dx} 、一次線を $D_{0,dx}$ 、散乱線 $D_{s,dx}^s$ とすれば次のように表

Table I Percentage Relative Scatter S(x) for all Depths along any Horizontal Radial Axis Circular Fields

Radius in cm	Relative distance x from centre in terms of radius										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Inside the beam											
1	100	99.5	99	97.5	95	92	87	84.5	80.5	76.5	71.5
1.5	100	99.5	99	97.5	95	92	87	83.5	79.5	74.5	69.5
2	100	99.5	99	97.5	95	92	87	82.5	78.5	71.5	66.0
2.5	100	99.5	99	97.5	95	92	87	82	77	70	63.0
3	100	99.5	99	97.5	95	92	86.5	81.5	76.5	68.5	60.5
4	100	99.5	99	97.5	95	91.5	86	81	74.5	66.5	56.0
5	100	99.5	99	97	94.5	90.5	85.5	80	73	64	52.0
6	100	99.5	99	96.5	94	90	85	79	71	62	50.0

(After Worthley & Wheatley)

Fig. 1



すことが出来る。

$$D_{dx} = D_d^p + D_{d,x}^s = D_d^p + \frac{D_{d,c}^s}{100} \times S(x) \dots\dots(1)$$

III. 病巣の位置、大きさと照射野の関係

Fig. 2 で示すように病巣を球形 ($x^2 + y^2 + (z - d)^2 - r^2 = 0$) と考え、皮膚面の照射野は円形で線錐と病巣は接するものとする。

照射野面積 M , 深さ d , 病巣半径 γ , 焦点皮膚間距離 f , そして中心線軸を Z 軸にこれを直交する二軸を x, y 軸とすれば次の関係がある.

$$M = \frac{\pi \gamma^2 f^2}{(f+d)^2 - \gamma^2} \dots \quad (2)$$

Fig. 2A Geometrical Relationship of Beam and Tumor

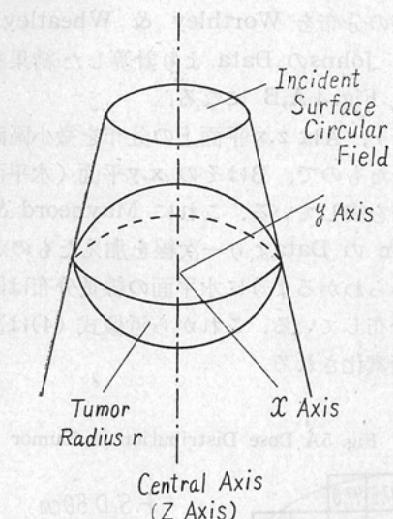
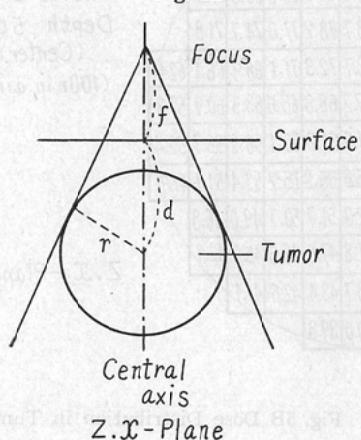


Fig. 2B



IV 不均等指數と近似的計算法について
前報で著者は不均等指數 θ を次のように定義した。

$$\theta = \frac{1}{D_M} \sqrt{\frac{\iiint_A (R(x,y,z) - D_M)^2 dx dy dz}{\iiint_A dx dy dz}} \times 100$$

(A) : 積分の範囲

$R(x,y,z)$: 任意の点線量

D_M : $\frac{\text{Volume Dose}}{\text{Volume}}$ (病巣容積)

これを近似的に計算するには先ず病巣を小さい立方体の集りと考え、この立体内ではどこも線量が

Fig. 3A

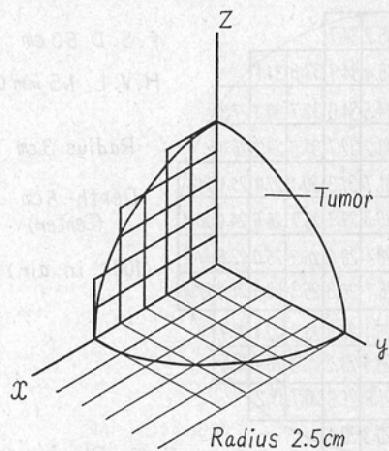
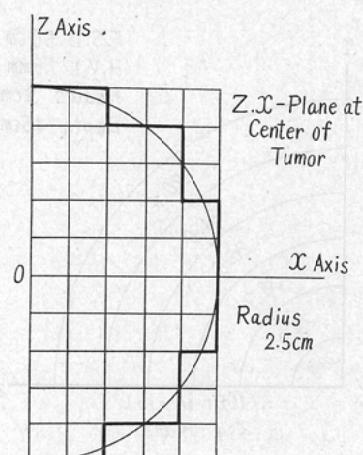


Fig. 3B



同じと見做し、

Fig. 3 A,B, で示すように 5 mm 間隔で分割し、周囲部では四捨五入する。
故に近似式は次のような。

$$\theta = \frac{1}{D_M} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \{ R(x_i, y_j, z_k) - D_M \} \Delta x \Delta y \Delta z \times 100}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \Delta x \Delta y \Delta z}} \quad (4)$$

V 一門照射の均等性

被射体を密度一定とし、照射野は円形で皮膚焦点距離は 50 cm、病巣の大きさは球形でその半径 2 ~ 4 cm 範囲で種々の深さについて考える。線質は

Fig. 4A Scatter Dose Distribution in Tumor

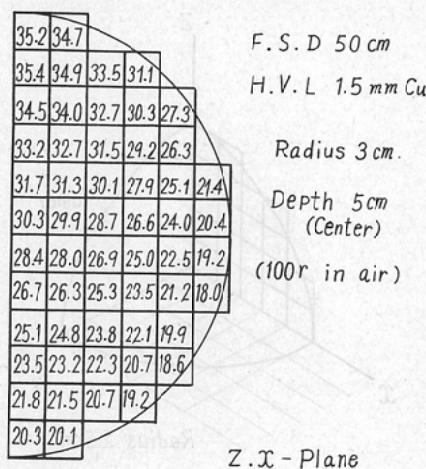
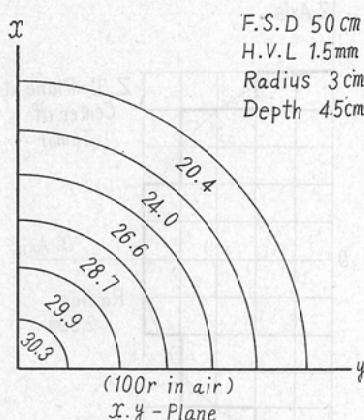


Fig. 4B Scatter Dose Distribution in Tumor



H.V.L 1.0mm, 1.5mm及び2.0mm Cuについて一次線は Mayneord-Lamerton の Data を用い、中心軸上の散乱線は H.V.L 1.5mm Cu の 200KVX 線を 1 とした時、H.V.L 1.0mm Cu 及び 2.0mm Cu 200KVX 線はそれぞれ Whorthley & Wheatley の 1.12 0.89 と用いる。各深さの水平面上の線量分布は一次線を Mayneord-Lamerton の Data より、又散乱線は Johns Whorthley & Wheatley 及び Mayneord-Lamerton の Data より計算した。

又以上の学者の Data に出ていない各區間の中間的な値については比例部分の原理に従つて直線的に変化すると見做した。

例えば H.V.L 1.5mm, F.S.D 50cm, 半径 3cm の巢が病巣中心が Beam の中心軸にある場合、散乱線の分布を Worthley & Wheatley の s(x) と Johns の Data より計算した結果を図示すると Fig. 4 A,B になる。

Fig. 4, A は z.x 平面上の分布を微小區画ごとに示したもので、B はその x.y 平面（水平面）上の分布を表している。これに Mayneord & Lamerton の Data より一次線を加えたものが Fig. 5 B からわかるように水平面の線量分布は同心円状に分布している。これから近似式 (4) は次のように簡素化される。

Fig. 5A Dose Distribution in Tumor

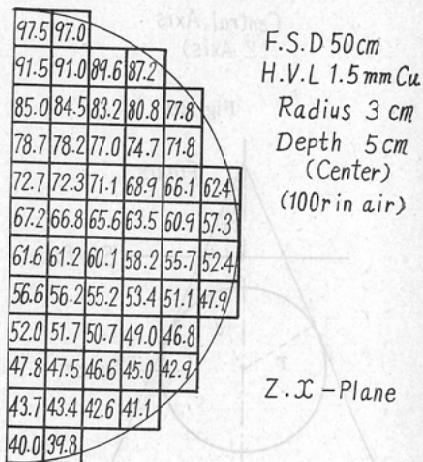
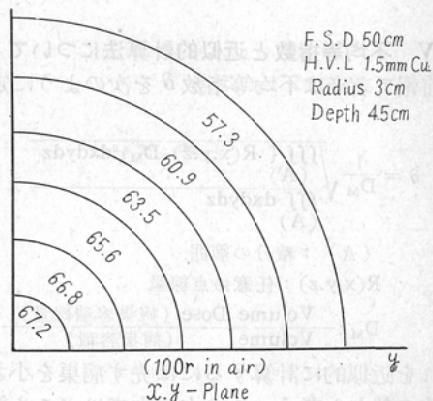


Fig. 5B Dose Distribution in Tumor



$$\theta = \frac{1}{D_M} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (R(x_i z_j) - D_M)^2 x_i dx dz}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n x dx dz}} \times 100 \quad \dots \dots \dots (5)$$

近似式(5)を用いて一門照射の不均等指数を表Ⅱで示す。

表Ⅱから次の事がわかる。

Table II. A: Heterogeneity Index.
(H.V.L 1.5 mm Cu)

Radius in cm

d in cm	2	2.5	3	4
2	13.1			
3	14.8	17.5	19.4	
4	15.8	19.0	21.6	27.0
5	17.6	20.4	23.2	30.7
6	17.3	21.2	24.3	31.0
7	17.4	21.7	25.4	32.5
8	18.1	22.0	25.0	33.1
9	17.3	21.9	25.4	33.3
10	17.4	21.9	25.0	33.3

B. Heterogeneity Index Depth 9 cm
Radius in cm

H.V.L Cu in mm	2	2.5	3	4
10	18.5	22.4	25.0	33.1
20	16.2	21.1	24.6	33.0

イ) 線質、皮ふ焦点距離が同一の場合病巣半径が大きくなるにつれて不均等指数が大きくなり、又病巣の位置が深くなるにつれて幾らか大きくなるが、その場合は病巣半径の変化するのに比べて小さい。

ロ) 線質の違いでは均等性は余り変わらない。照射野面積10cm²以下の場合中心の散乱線は十数%以下になり、不均等指数を求める時、これを無視しても誤差が大きくなるとは思えない。

半径1cm病巣の場合病巣水平面上の線量分布を均一と考えて求めた不均等指数はD=9cm, H.V.L 1.5mm Cu, F.S.D. 50cmの時の9.3%である。

以上はF.S.D. 50cmのみについて述べたがWorthely & WheatleyによればF.S.D. の変

化による散乱線の変化は非常に小さい、又Mayneord & LamertonのDataで示されるF.S.D. の変化による一次線の線量の変化も小さいのでこゝではそう云う場合の不均等指数は特に述べなかつた。

VI 多門照射の均等性

一門照射では、大抵の場合、皮ふの線量が病巣の線量より大きい。このような時皮ふの線量を軽減するために多門照射法(十字火照射)がよく用いられる。

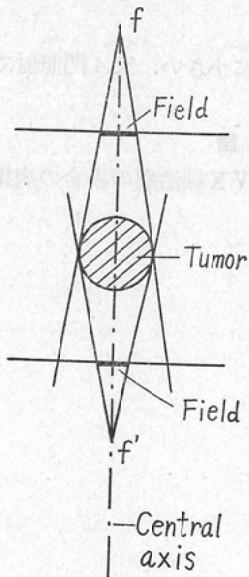
イ) 2門照射

Fig. 6で示される180° 2門照射をする場合、そのz.x平面の線量分布は、Fig. 7で示した。一見にしてわかるように線量分布は均一である。線質H.V.L 1.5mmで被射體の厚み18cmと仮定し病巣中心までの深さdが9cmの時の不均等指数表Ⅱで示した。

ロ) 4門照射

Fig. 8で示すような90° 4門照射の不均等指数腫瘍半径4cm、腫瘍の深さ9cmの時は不均等指数約0.4%である。なお、被射体直径18cmの円筒と考えた。2門照射の不均等指数は1門照射の場合

Fig. 6 Two Coplanar



Fields Fig. 7 Dose Distribution in Tumor (Two Fields irradiation)

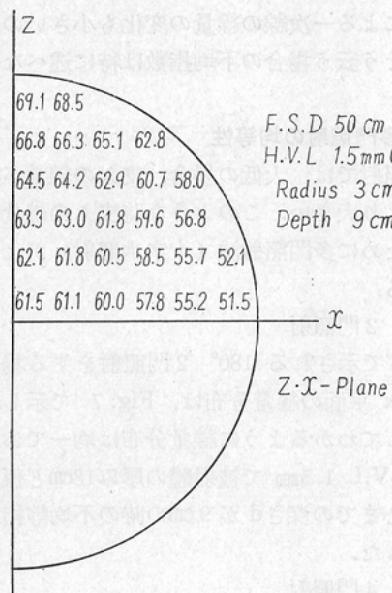


Table III Heterogeneity Index (Two Fields irradiation)

F.S.D. 50 cm. H.V.L. 1.5 mm Cu
Radius 3 cm Depth 9 cm

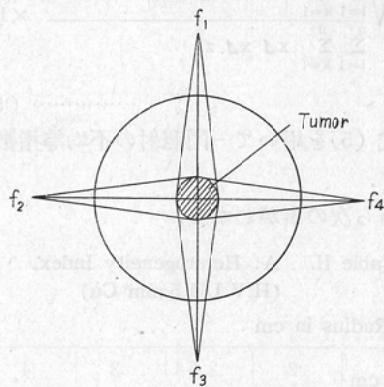
Radius in cm	2.5	3	4
6 %	3.8	7.4	10.5

に比べて著しく小さい。又4門照射では更に小さい。

VII 結 語

所謂 200KV X線治療の場合の病巣内線量分布

Fig. 8



の均等を著者が定義した不均等指数を用いて数量的に研究した結果病巣の均等性を悪くする一番大きい因子は、病巣半径、次に病巣の深さで線質はあまり影響しない。

次に2門照射(180° 2門照射)の場合には、1門照射に比べて著しく均等性はよくなり、又4門照射(90° 4門照射)では更によくなる。

以上はX線深部治療の場合について述べたが他の術式については次に報告する。

(尚本論文の要旨は、日本医学放射線学会第24回北日本部会で報告した。)

文 献

- 1) B.W. Worthley and B.M. Wheatley: Brit. J. Rad. Vol. 25, 491~501.
- 2) H.E. Johns: The Physics of Radiology
- 3) 山下延男: 病巣内線量分布の均等性の研究(第1報) 不均等指数について、日医放誌第22巻第6号34~38.
- 4) Mayneord W.V. and Lamerton, L.F.: Brit J Rad 1941, Vol. 14, 255.