



Title	コバルト60迴転照射時の透過線量より求めた組織補正值
Author(s)	柄川, 順; 梅垣, 洋一郎; 尾内, 能夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1967, 26(12), p. 1568-1573
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15720">https://hdl.handle.net/11094/15720</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## コバルト60回転照射時の透過線量より 求めた組織補正值

国立がんセンター放射線部

柄川 順 梅垣洋一郎 尾内 能夫  
松本 健 松川 収作 吉田 義男

(昭和41年7月20日受付)

Tissue Correction Factor of the Body Section by Transit Dose Measurement  
in Cobalt-60 Rotation Therapy

by

Jun Egawa, Yoichiro Umegaki, Yoshio Onai, Ken Mastumoto,  
Shusaku Matsukawa and Yoshio Yoshida  
Division of Radiology, National Cancer Center Hospital

Some experimental results of the transit dose measurement in  $^{60}\text{Co}$  rotation therapy using a collimator which has a cylindrical space of 2 cm diameter and 5 cm length surrounded with lead are postulated. This measuring device can be used with sufficient accuracy to estimate Tissue-Air Ratio of the inhomogenous body section.

Water equivalent conversion factor and tissue correction factor were calculated. In abdomen, both factors were 1.00, in chest, the value of 0.6–0.9, and 1.1–1.4 were obtained respective to former and latter factor. During the treatment sessions, the change of water equivalent conversion factor due to diminished tumor size or the change of body weight were able to be checked.

On the chest irradiation, the correction of the Tissue-Air Ratio of each patient are desired, and for this purpose, the transit dose measurement are simple and usefull.

$^{60}\text{Co}$  回転照射に際して、回転断面における身体を計測して求めた平均の Tissue-Air Ratio (以下 TAR と略記する) を用いると、胸部等の不均質な組織では、腫瘍線量にかなりの誤差が生じて来る。この補正の方法としては、透過線量測定法<sup>6)</sup>、射出線量測定法<sup>4)</sup>、回転横断X線写真より求める方法、フィルム黒化度より求める方法等がある。何れも、それぞれの利点をもつている。回転照射では、1956年以来、P.M. Pfalzner<sup>6,7)</sup>、C.B. Braestrup<sup>8)</sup>、J.E. O' Conner<sup>12)</sup>、F.E. Burlin<sup>13)</sup>らによつて透過線量測定法が発展され、実用化されて

いる。一方、本邦では、適当な線量計が得られなかつたこと、補正方法が複雑であるとの印象を与えてのこと等の理由により、実用化が遅れている。1960年、日本医学放射線学会総会の宿題報告で、著者の一人、梅垣<sup>19)</sup>は、透過線量測定法を  $^{60}\text{Co}$  と X線治療装置で検討し、コリメータは必ずしも必要でなく、照射野の大きさによる散乱附加量および対台の吸収が補正されれば十分であることを発表した。この方法は、線量計に到達する散乱線が必ずしも除外されていない点、射出線量と透過線量測定の中間の方法である。我々は、こ

の方法を基礎として、国立がんセンターに設置された $^{60}\text{Co}$ 廻転照射装置に取付けられた透過線量計\*（東芝製）を用いて、2～3の基礎実験を行い、次で、実測値より求めた各部位の水等価厚および組織補正值について検討を試みた。

#### 透過線量計

透過線量計はFig. 1に示すように、高さ7.4cm、底辺の直径12cmの鉛製円錐台に内蔵されたもので、電離箱は、直徑2cm、高さ1.6cmの円盤状である。 $^{60}\text{Co}$ 線束方向に2cmφの5cm長さの円筒状の打抜きがあり、コリメータとして働いている。これらは $^{60}\text{Co}$ 廻転照射装置の対向板に取付けられ、線量率並びに積算線量が求められる。線量率は、自動描記装置により、透過線量曲線を描かすことができる。

経2cmのコーンが散乱線除去にどの程度有効であるかについて検討すると、Table 1に示すように、照射野 $4 \times 6\text{ cm}^2$ から $10 \times 10\text{ cm}^2$ に増加すると、

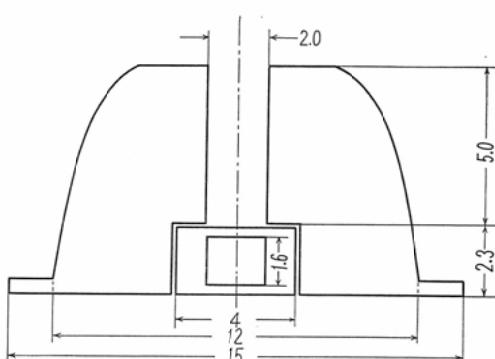


Fig. 1. Transit Dose Chamber(unit: cm)

空中線量のよみは約3%増加する。Mix Dを加えて、透過線量を測定すると、Table 1およびFig. 2に示すように、照射野による測定値の相違は、照射野 $4 \times 6\text{ cm}^2$ 、 $10 \times 10\text{ cm}^2$ で厚さ20cmにおいて約10%である。Fig. 2は点線は、H.L. Johnsが示したFocussing transit dose measuring deviceを用いて散乱線除去をした透過線量値である。我々の求めた透過線量百分率の中、小照射野においては、Johnsの示した値より幾分低くなっているものがあるが、これは、厚さ0cm即ち空気中線量の測定においては、装置からの散乱線が入射していることと、ファントームがあるときにはそのファントームからの散乱線が大部分除去されるという幾何学的配置になっていることによると考えられる。従つてMix D ファントームと測定器の位置

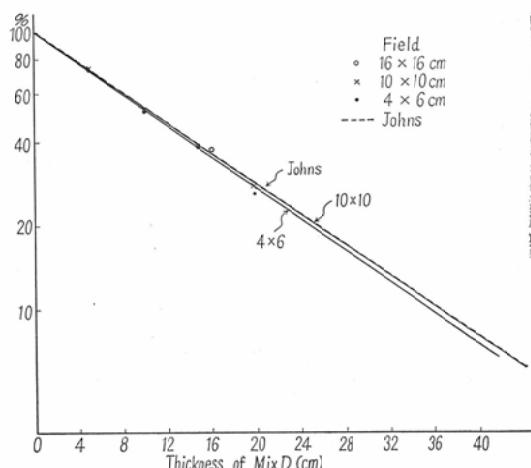


Fig. 2. Percent of transit dose

Table 1. Percent of transit dose for different field size

Area	24 cm <sup>2</sup>		32		50		100	
	Field size		4 × 6		4 × 8		5 × 10	
Thickness of MixD	R/m	%	R/m	%	R/m	%	R/m	%
	0 (air)	7.85	100	7.9	100	8.0	100	8.1
4.96cm	5.65	72.0	5.7	72.2	5.8	72.5	5.9	73.0
9.90	4.0	51.0	4.05	51.3	4.1	51.7	4.2	52.5
14.8	3.0	38.2	3.0	38.0	3.0	37.5	3.1	38.3
19.8	2.0	25.5	2.05	26.0	2.1	26.3	2.2	27.2

\* 牧野、栗原氏設計、製作によるもの

が異なると、それからの散乱線の入射量がかわつて来る可能性があるが、Mix D ファントームの位置を線源一線量計方向に、中心から15cm移動させても、照射野 $16 \times 16\text{cm}^2$ の場合でも透過線量百分率の差は2%以内である。

胸部のような不均質組織の照射では、同一水等価厚の均質組織と比較して、同じ照射野でも散乱線の影響で透過線量値が異つて来ることが想像される。 $4 \times 6\text{cm}^2$ ,  $10 \times 10\text{cm}^2$ の照射野につき、密度既知の種々の厚みのコルクと Mix D とを組合せた場合の透過線量曲線を求めてみると、Fig. 3 に示したように、Mix D のみの透過曲線にかなりよく一致しており、透過線量値から推定される厚みの誤差は最大  $0.7\text{ gr/cm}^2$  程度である。

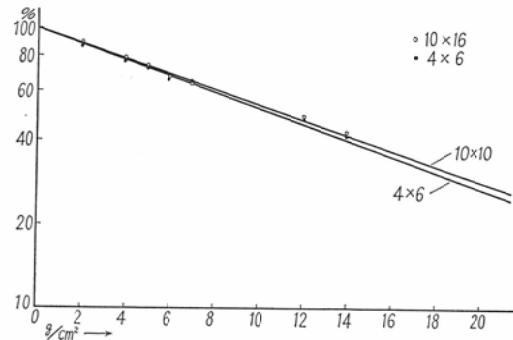


Fig. 3. Percent of transit dose of  $^{60}\text{Co}$  radiation. Curves are plotted using Mix D phantom. Dots and circles are percent of transit dose through the phantom combined with Mix D and cork.

#### TAR表

各照射野についての透過線量曲線から、透過線量百分率と厚さの関係を求め、その厚さの $1/2$ に相当する厚みのTARをJohnsの表から求めて、透過線量百分率とTARの関係を得たのがTable 2である。

#### TAR表の使用の実際

寝台を含まない時の空中線量の線量率Rを、透過線量計で読み、次に、患者の治療中の透過線量の積算量Dを求める。照射時間をtとすると、透過線量百分率PTDは

$$\text{PTD} = \frac{D}{Rt} \times 100$$

Table 2. Tumor Air Ratio in rotation  $\text{Co}^{60}$  therapy

P.T.D	Field size			
	%	$4 \times 6$	$4 \times 8$	$5 \times 10$
75.0	0.950	0.953	0.962	0.982
72.5	0.940	0.943	0.953	0.974
70.0	0.930	0.933	0.944	0.965
67.5	0.918	0.922	0.934	0.956
65.0	0.906	0.911	0.922	0.946
62.5	0.894	0.899	0.911	0.937
60.0	0.882	0.888	0.900	0.927
57.5	0.870	0.876	0.888	0.914
55.0	0.855	0.861	0.874	0.901
52.5	0.838	0.845	0.858	0.888
50.0	0.826	0.833	0.846	0.875
47.5	0.809	0.816	0.828	0.859
45.0	0.790	0.799	0.812	0.843
42.5	0.772	0.785	0.793	0.825
40.0	0.753	0.761	0.774	0.808
37.5	0.731	0.740	0.752	0.788
35.0	0.708	0.716	0.733	0.767
32.5	0.686	0.692	0.709	0.745
30.0	0.662	0.668	0.684	0.722
27.5	0.636	0.643	0.659	0.695
25.0	0.607	0.614	0.633	0.670
22.5	0.577	0.583	0.601	0.639
20.0	0.547	0.556	0.569	0.609

P T Dの値に対応した各照射野についてのTARに、廻転中心での空中線量を乗じて、腫瘍線量を求める。従つて、寝台の補正も自動的に行われている。一方、寝台のない時、即ち、人間だけのTARを求めるには、我々の実測値からは TAR/ $0.93$  を用いればよい。0.93は、寝台だけの吸収が7%あることから求められたものである。

#### 患者の測定

廻転照射が計画される際には、照射野が含まれる身体の断面の輪廓を鉛線で極座標紙に書き、廻転中心から身体辺縁までの距離を $30^\circ$ 或は $15^\circ$ 間隔で求め、平均半径( $\bar{r}$ )を得、対応するTARを用いるわけである。透過線量の測定によつて比重1の場合の平均半径 $\bar{r}$ およびそのTAR  $\bar{x}$ が求められる。これには、前述のFig. 2 および Table 2 を用いる。

360° 回転照射では、360° にわたる透過線量の積算値を用いるが、今、身体の各部位についての透過線量のパターンを例示すると Fig. 4 の如くである。頭部では、前後方向からの照射の際に透過線量が少なく、左右方向からの方が多い。胸、腹部での曲線に認められる4つの下向きのスパイクは、治療用寝台の側方の金具による減弱に基くものである。下部食道では、側方からの照射に際して、透過線量が大きく動搖している。これは、測定された部分が、たまたま一部が肺組織にオーバーラップしており、呼吸性の移動によつて透過線量値が変動したものであろう。

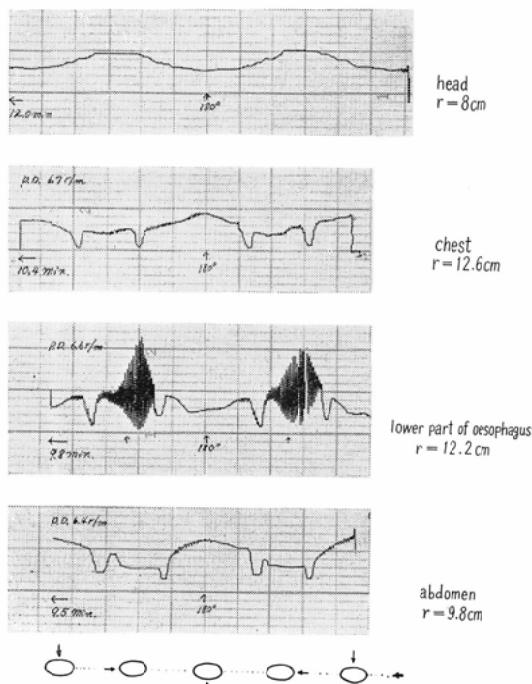


Fig. 4. Transit dose curves

#### 平均水等価厚と組織補正係数の検討

360° 回転照射によって求めた透過線量測定値から、回転断面での所謂平均水等価厚およびその TAR を求めることにより、身体の厚さの計測値およびそれから求めた TAR との比をとつて、身体の各部の水等価厚換算係数および組織補正係数が求められる。Fig. 5, 6 に示したのがそれである。

TAR obtained by transit dose measurement  
TAR obtained by body contour measurement

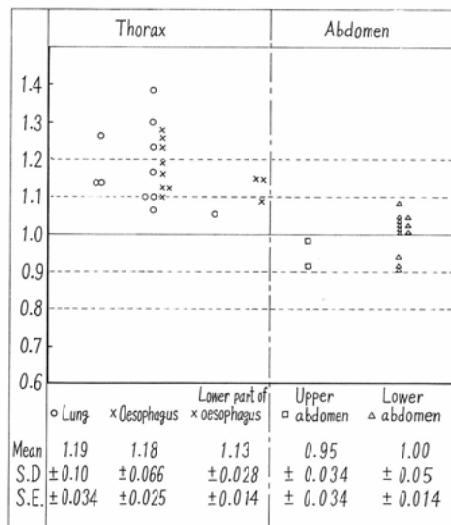


Fig. 5. Ratio of TAR (Tissue Correction Factor)

mean radius obtained by transit dose measurement  
mean radius obtained by body contour measurement

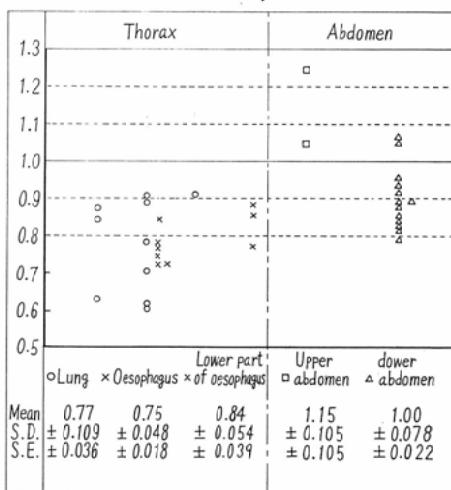


Fig. 6. Ratio of mean Radius (Water Equivalent Conversion Factor)

Fig. 5 に示した組織補正係数では、胸部に於ては、上、中部と下部では多少異なり、下部の方が 1 に近くなる。上、中部では、ばらつきが大きく、1.1～1.4 の間に拡つている。即ち、身体計

測のみから求めた T A R を用いて照射すると、実際には 10~40% もの多くの線量が与えられることになる。腹部照射では、0.9~1.1 である。平均値は 1.00 となる。Fig. 6 は水等価厚換算係数である。当然のことながら、Fig. 5 の逆の型になつている。胸部では、この値は、0.6~0.9 であつて、変動が大きい。興味あるのは、食道癌の照射では 0.8 以下が殆んどであるのに反し、肺腫瘍照射では 0.8~0.9 という例が半数に認められることがある。これは、肺腫瘍では、照射部位は当然、腫瘍或は無気肺等のために空気含有量が少なく、従つてこの様な例が多くなる。このことは、肺癌照射では補正が必ずしも必要でないことを暗示している。一方、食道癌では、肺組織に関しては異常のある例が少ないとになる。この様な肺内空気含有量については、胸部 X 線写真によつても或る程度まではその傾向を知ることが出来る。しかし、360° 回転の様に全周にわたつた補正值の推定には、透過線量測定が有用である。腹部照射では、0.9~1.2 であり、平均値は 1.00 である。透過線量測定は、通常治療開始時には、数日にわかつて繰返し測定し、それ以後は、概ね週一回測定を行つてゐる。前者は、呼吸性移動による透過線量値のばらつきや、測定装置そのものに由来するばらつきを平均化する目的であり、この結果を Fig. 7 に示した。透過線量値および T A R 値は、平均値より殆んどの例で ±5% 以内であるが、治療期間内での患者の状態の変化、即ち、腫瘍の縮少や、体重の増減等に基いて、透過線量値がかなり異つてくる場合がある。このような変動をチェックするのに役立つことがわかつた。一例として、腹部照射で透過線量から求めた T A R に 5% 以上の差を生じた例があり、これは、放射線治療による腫瘍の縮少に基いたものであることが確認された。

### 考 察

この方法では病巣が円柱の中心にあるとして計算されている。Fig. 8 に示すように、図形計測だけの場合、回転中心から体表までの長さに対応する T A R の平均 ( $\overline{\text{TAR}}_r$ ) と平均半径  $r$  に対する

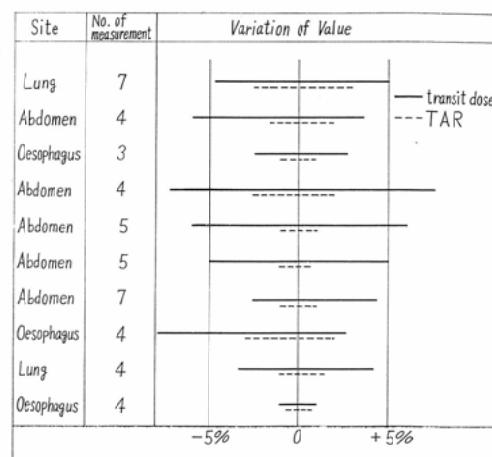
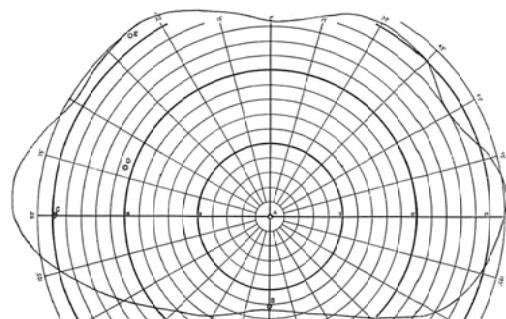


Fig. 7. Variation of transit dose and TAR in rotation therapy measurements were performed every time in the initial course of irradiation



	A	B	C	D	E
$r$	13.0cm	9.5cm	9.7cm	11.6cm	8.0cm
$\overline{\text{TAR}}_r$	0.530	0.656	0.650	0.557	0.716
$\overline{\text{TAR}}_r$	0.545	0.695	0.690	0.586	0.750
%	-2.7	-5.7	-5.8	-4.9	-5.3

of error

Fig. 8. TAR of various points in chest cross section

T A R をとつた  $\overline{\text{TAR}}_r$  とは、回転中心が体表近くにあつたとしても 6% 以下の相違である。臨床的にはこれ程極端な偏心は考えられないのと病巣が円柱の中心にあるとした計算で十分であろう。

次に本法で求められた腫瘍線量は T.E. Burlin

<sup>14)</sup>らの述べている scatter correction は考慮されていない。Burlin らは肺の中と肺を越えて 6 cm の深さで scatter correction に 0 から 12% の相違があることを示している。この補正を施すためには回転横断撮影等によって胸部の構造を知ることが必要で透過線量法のみでは不可能である。しかし全回転では Burlin も述べているように透過線量法で求めた組織補正係数に 0.94 を乗じて 6% だけ減少させればよいであろう。従つてここで示した組織補正係数にはこの程度の誤差を含んでいる。

前田<sup>15)</sup>らは exit dose の測定値と回転横断写真から胸部線量の算出法を発表しているが、我々の transit dose 法でも回転横断写真を併用すれば同様の補正が可能であり、固定照射の際の補正には有用である。

#### 総括ならびに結語

国立がんセンターで用いている <sup>60</sup>Co 回転照射における透過線量測定法についての基礎実験と患者についての測定値を示した。

透過線量測定によって求められた身体の平均水等価半径およびそれから求めた TAR と身体計測による平均半径およびそれからの TAR からそれぞれ平均半径比、水等価厚換算係数および TAR 比、組織補正係数を求めた。腹部では両者共に 1、胸部では前者が 0.6—0.9、後者が 1.1~1.4 となつた。

治療中に体重あるいは腫瘍の大きさの変化等により水等価厚が変化する場合が認められた。

以上より胸部照射に際しては患者毎の補正が望ましく、その方法として透過線量法は簡単で臨床的に有意義であると考える。

本論文の要旨は昭和 39 年 4 月日本医学放射線学会関東部会で報告したものである。

#### 文献

- 1) E.H. Quimby, M.M. Capeland and R.C. Wood: The distribution of Roentgen rays within the human body, Am. J. Roentgenol. 32: 534—551, 1934.
- 2) J.R. Nahon and C.P. Naidorf: Comparative study of X-rays transmission in thorax and abdomen in living subjects, Radiology 58: 241—245, 1952.
- 3) L.E. Jacobson and I.S. Knauer: Correction factors for tumor dose in the chest cavity due to diminished absorption and scatter in lung tissue, Radiology 67: 863—876, 1956.
- 4) R.O. Kornelsen: Tumor dose in the chest cavity, Brit. J. Radiol. 27: 289—293, 1954.
- 5) R. Robbins and J. Meszaros: The calculation of rotation therapy tumor dose at 250 KV by means of transmitted dose rate, Radiology 63: 381, 1954.
- 6) P.M. Pfalzner: Rotation therapy with a Cobalt-60 Unit. II. Transit dose measurement as a means of Correcting tumor dose for non-water-equivalent absorption media, Acta Radiol. 45: 62—68, 1956.
- 7) P.M. Pfalzner: Transit dose measurement in Cobalt-60 Rotation therapy dosimetry, Radiology 70: 503—505, 1958.
- 8) C.B. Braestrup, G. Hertsch and R.T. Mooney: Transit dose system for Cobalt 60 Rotating teletherapy equipment, Am. T. Roentgenol. 79: 400—405, 1958.
- 9) L.E. Jacobson and I. Knauer: Absorption in different tissues of Cobalt-60 gamma radiation and roentgen rays with half-value layer from 1mmAl to 5mmCu. Radiology 66: 70—83, 1956.
- 10) 梅垣洋一郎: 運動照射法の線量分布, 日本医学会誌, 20: 2191—2209, 昭35.
- 11) S.O. Fedoruk and H.E. Johns: Transmission Dose Measurement for Cobalt 60 Radiation with special Reference to Rotation Therapy, Brit. J. Radiol. 30: 190—195, 1957.
- 12) J.E. O'Connor: A Transit Dose Technique for the determination of Doses in inhomogeneous Bodies, Brit. J. Radiol. 29: 663—667, 1956.
- 13) H.F. Batho: Lung Corrections in Cobalt 60 Beam Therapy, J. of Canadian Assoc. of Radiologists 15: 79—83, 1964.
- 14) T.E. Burtin: The Evaluation of the Dose to the Thorax Rotational Cobalt Therapy, Brit. J. Radiol. 30: 543—549, 1957.
- 15) 前田盛正、小林孝俊、中塙次郎、山田親久、浦野宗保: 肺腫瘍の病巣線量算定に関する一考察, 日本医学会誌, 25(9), 773—777, 1963.
- 16) H.E. Johns: The Physics of Radiology, p. 429, Charles C Thomas. Publisher, 1961.