



Title	一次X線の吸収線量計算
Author(s)	竹井, 力
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1964, 23(12), p. 1456-1459
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19163
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

一次 X 線の吸収線量計算

長崎大学医学部放射線医学教室

竹 井 力

(昭和39年1月7日受付)

Calculation of the absorbed doses of primary X-ray

By

Chikara Takei

Department of Radiology, Nagasaki School of Medicine

(Director: Prof M. Tamaki)

By means of scintillation spectrometry the author (1959) measured spectral distributions of the primary and secondary x-rays from a therapy machine of Greinacher circuit.

From these data, the tables in NBS Handbook 62 and Radiological Health Handbook, he has calculated absorbed doses \bar{f} (in terms of rad/r for various half value layers) of primary x-ray for water, muscle and bone. These calculated values were compared with those published in NBS Handbook 62 and the report by Allisy and Astier. While coincidence with data published by others was fairly good in the absorbed doses for water and muscle, considerable discrepancy was found in those for bone, probably due to the fact that relatively f values of low-energy x-rays in bone is greatly influenced by different spectral forms of x-rays from different generators and filters.

Consequently, absorbed doses for water and muscle may be obtained without gross error from the curves of absorbed dose-half value layer relationship published in NBS Handbook 62. However, absorbed doses for bone should be calculated from data obtained from measurements of energy spectrum or ionization of equivalent gas.

緒 言

吸収線量決定の物理的見解についてはNBS Hand book 62 (1956)¹⁾に詳細に述べられている。このreportには、Kramersの方法(1923)²⁾により得たX線スペクトルおよびCormack等(1957, 1958)^{3), 4)}がシンチレーション・スペクトロメーターで測定したX線スペクトルから計算した水、筋肉、骨に対する吸収線量の値が示されている。

Allisy等(1958)⁵⁾はgas ionization測定を行い、筋肉、骨に対する吸収線量を求め、Helle(1958)⁶⁾のシンチレーション・スペクトロメーターによるX線スペクトル測定から計算した吸収線量

値とを比較しているが、両者の値は安全に一致したと報告している。

著者はシンチレーション法により治療用X線のスペクトルについて発表(1959)⁷⁾したが、これらのX線スペクトルから水、筋肉、骨に対する吸収線量を計算し、NBS Handbook 62およびAllisy等の値と比較した。

計 算

X線のエネルギースペクトルを I , $1r$ に相当するエネルギーの光子数を N , $1r$ 当りの物質の吸収線量を f とすれば、これらは光子エネルギー E の関数として表わされる。

$$I=I(E), \quad N=N(E), \quad f=f(E) \quad (1)$$

X線の線量を D とすれば、(1)式より

$$\left. \begin{aligned} dD &= \frac{I(E)}{N(E)} dE \\ D &= \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \frac{I(E)}{N(E)} dE \\ \bar{f} &= \frac{\int f dD}{\int dD} = \frac{\int_{E_{\min}}^{E_{\max}} f \frac{I}{N} dE}{D} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、 \bar{f} は求める rad/r 値である。

$I(E)$ はエネルギースペクトルの測定値、 $N(E)$ は Radiological Health Handbook⁹⁾の図表、 $f(E)$ は NBS Handbook 62 の表を用いて、 \bar{f} の計算を行った。

そこで、 D 、 \bar{f} は次のように書ける。

$$\left. \begin{aligned} \Delta D &= \frac{I(E)}{N(E)} \Delta E \\ D &= \sum_{jE} \frac{I(E)}{N(E)} \Delta E \\ \bar{f} &= \frac{\sum f(E) \Delta D}{D} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、 $\Delta E=10$ KeV とし、エネルギースペクトルからの光子数 $I(E)$ は例えば $E=70$ KeV に

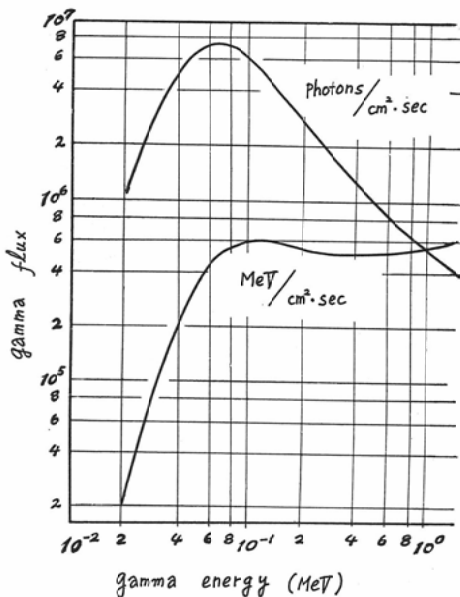


Fig. 1 Gamma flux equivalent to one roentgen hour as a function of gamma energy(from Radiological Health Handbook).

photon energy	$f=0.877 \left[\frac{(\mu_{en}^{photon})_{\text{medium}}}{(\mu_{en})_{\text{air}}} \right]$		
MeV	water/air	muscle/air	bone/air
0.01	0.920	0.993	3.58
2	.887	.925	4.27
3	.877	.919	4.43
4	.887	.928	4.18
5	.900	.934	3.61
6	.913	.937	2.94
* 7	.927	.924	2.43
8	.940	.948	1.93
* 9	.949	.953	1.62
0.10	0.957	0.957	1.47
* 1	.961	.959	1.35
* 2	.964	.960	1.26
* 3	.967	.961	1.19
* 4	.969	.963	1.12
5	.971	.964	1.06
* 6	.973	.965	1.02
* 7	.976	.967	0.998
* 8	.978	.968	0.995
* 9	.980	.970	0.991
0.20	0.982	0.972	0.988

* value calculated by interpolation

Table 1. $f(E)$: Absorbed dose (rad) per roentgen as a function of photon energy (from NBS Handbook 62)

対しては 70 KeV を中心にして ± 5 KeV の間に含まれる光子数 $I(70 \text{ KeV})$ を近似式を用いて求め、 \bar{f} の数値計算を行った。 $N(E)$ 、 $f(E)$ をそれぞれ Fig. 1、Table 1 に示す。

つぎに、180 KVp のときの計算例を Table 2 に示した。この表中で光子数 $I(E)$ と線量 ΔD は任意の単位である。これは (3) 式において、 \bar{f} の単位は $I(E)$ 、 ΔD の単位に関係なく f と同じ単位となるからである。エネルギースペクトルを測定する場合には NaI 結晶に垂直に入射させる X 線束は非常に小さくしぼるが、この X 線束の大きさ、即ちスリットの断面積を正確に測るのは大変むづかしいから $I(E)$ は任意の単位で表わした。したがって、 ΔD 、 D も任意の単位である。しかし、 \bar{f} の単位は最終的には f と同じ rad/r となること

photon energy	photon number	dose	f rad/r		
MeV	arbitrary unit	arbitrary unit	water/air	muscle/air	bone/air
4					
0.05	114	17.8	16.0	16.6	62.7
6	246	34.7	31.7	32.5	102.2
7	281	39.1	36.2	36.1	95.2
8	285	41.3	38.8	39.1	79.8
9	235	36.2	34.3	34.5	58.7
0.10	198	33.0	31.6	31.6	48.5
1	180	33.4	32.1	32.0	41.8
2	171	35.3	34.0	33.9	44.6
3	155	34.5	33.4	33.2	41.1
4	117	28.6	27.7	27.5	32.2
5	68	17.9	17.4	17.2	19.0
6	27	7.72	7.5	7.45	7.88
7	8	2.42	2.36	2.34	2.41
0.18					
		361.9	343.1	344.0	636.1
\bar{f} water/air = $343.1/361.9 = 0.948$ \bar{f} muscle/air = $344.0/361.9 = 0.951$ \bar{f} bone/air = $636.1/361.9 = 1.76$					

Table 2. An example of the \bar{f} value calculations: 180 kVp, filter 1.0mm Al+1.0mm Cu, HVL 1.65mm Cu.

は(3)式により明らかである。

計算結果

計算結果を Table 3 に、また、水、筋肉、骨に対する吸収線量を Fig. 2, 3, 4 にそれぞれ示した。

Fig. 2, 3, 4 には NBS Handbook 62 の値、Allisy 等の値と著者の計算値を各半価層についてプロットしたが、著者の値は半価層 0.21mm Cu の範囲で NBS の値に比較して、水に対して 1.4%~2.5%小さく、筋肉に対して 1.0%~1.6%小さく、骨に対しては 20%~45%大きい。Allisy

kVp	filter mm	HVL mm Cu	\bar{f} rad/r		
			water/air	muscle/air	bone/air
90	1.0 Al	0.21	.906	.928	3.35
120	0.5 Al 0.3 Cu	0.70	.926	.938	2.61
160	1.0 Al 0.5 Cu	1.05	.934	.942	2.24
160	1.0 Al 1.0 Cu	1.45	.943	.947	1.91
180	1.0 Al 0.5 Cu	1.15	.940	.946	2.04
180	1.0 Al 1.0 Cu	1.65	.948	.951	1.76

Table 3. Average absorbed dose (rad/r) in water, muscle, and bone, for various primary x-ray spectra.

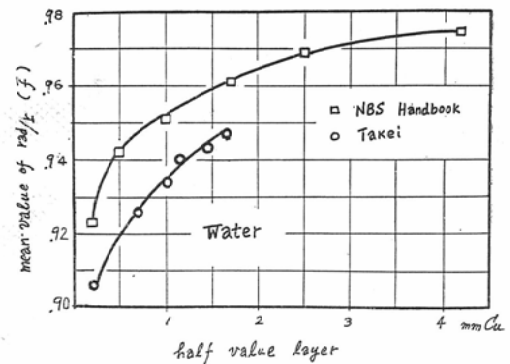


Fig. 2. Plot of the values of f water/air rad/r integrated over the primary x-ray spectrum, as a function of the copper HVL

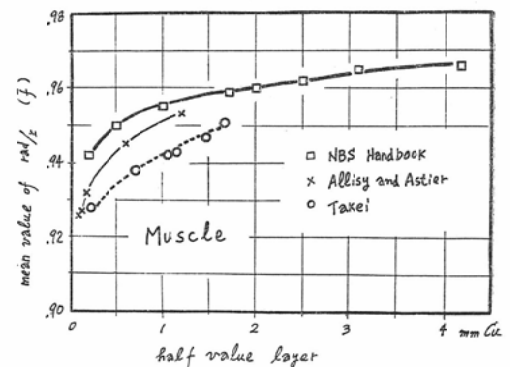


Fig. 3. Plot of the values of f muscle/air rad/r integrated over the primary x-ray spectrum, as a function of the copper HVL.

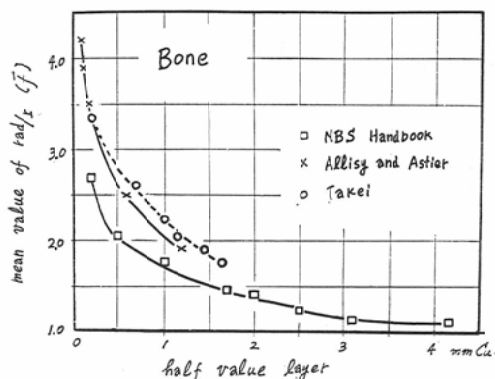


Fig. 4. Plot of the values of f bone/air rad/r integrated over the primary x-ray spectrum, as a function of the copper HVL.

等の値は NBS と著者の値との間にあつて、筋肉では半価層の小さい範囲で著者の値に近く、半価層が大きくなると NBS の値に近くなる。また彼等の値は骨に対しては著者の値に近い。

結語

治療用線のエネルギースペクトルから、水、筋肉、骨に対する吸収線量 \bar{f} rad/r を計算した。

\bar{f} 値はエネルギースペクトルの形 $I(E)$ に関係するが、エネルギースペクトルは X 線発生装置、フィルターによりその形が変わる。また、半価層が同じでも発生装置、フィルターによりエネルギースペクトルの形は同一ではない。これらの理由から \bar{f} 値が NBS Handbook, Allisy 等の値と一致しないのは当然であろう。しかし水と筋肉に対しては NBS, Allisy 等の値とよい一致を見たのは、Table 1 より明らかなように、水、筋肉の f 値は

光子エネルギーの値によつて余り変わらないためと思われる。骨に対しては彼等の値との一致が悪かつたが、これは低エネルギーで f 値が大きいから、スペクトルの形の影響が大きく効いてきたためと考えられる。

上記のことから、水および筋肉に対する吸収線量は半価層を測定して NBS Handbook 62 の表より求めて誤差は殆んどない。しかし、骨に対する吸収線量はエネルギースペクトルの測定または gas ionization 測定を行つて求めるべきで、半価層—吸収線量の曲線は利用できない。

この論文の要旨は昭和35年7月第19回日本医学放射線学会総会で講演した。

終りに臨み、御校閲いただいた玉木教授に感謝の意を表わす。

文 献

- 1) I.C.R.U.: Report of the International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU), 1956. Handbook 62, National Bureau of Standards, April 1957.
- 2) H.A.Kramers: Phil. Mag., 46; 836, 1923.
- 3) D.V.Cormack, T.J.Griffith and H.E. Johns: Brit. J.Radiol., 30; 129, 1957.
- 4) D.V.Cormack, W.E.Davitt, D.G.Burke and E.G.Rawson: Brit. J. Radiol., 31; 565, 1958.
- 5) A.Allisy and A.Astier; Journal de Radiologie, 39; 340, 1958.
- 6) P.Helle: Journal de Radiologie, 39; 335, 1958.
- 7) 竹井: 日医放誌, 19; 168, 昭和34年(1959).
- 8) Radiological Health Handbook (Revised Edition) 1960. U.S.A.Public Health Service.