

Title	放射線治療の空間的線量分布（第3篇）Metabolized radioisotope therapy の病巣容積線量率の考え方：甲状腺疾患について
Author(s)	飯野, 祐
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1965, 25(9), p. 1110-1118
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16968
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

放射線治療の空間的線量分布 (第3篇)
 Metabolized Radioisotope Therapy の病巣容積
 線量率の考え方 — 甲状腺疾患について

東京大学医学部放射線医学教室 (主任: 宮川正教授)

飯 野 祐

(昭和40年7月6日受付)

It is very important to get good space dose distribution in order to obtain good result by radiation therapy. Tumor Volume Dose Ratio ($R = \text{volume dose of tumor} / \text{volume dose of total body}$) is considered to be one of indexes indicating the efficiency of radiation therapy. In Part I and II, R for external and internal irradiation including I-131 therapy for the thyroid disease was discussed. In this article, R for I-131 therapy is again obtained, but by the different calculation method which is based on the concept of two compartment system illustrated on Fig. 1. Eq. 1 are the differential equations expressing the rate of change of activity in these compartments. Eq. 2 are the solutions of Eq. 1. It is difficult to decide the constants such as a , a_e , k_1 and k_2 in Eq. 2, therefore, Eq. 2 are simplified by assuming $k_1 \gg k_2$. The results are Eq. 3. The experimental values shown on Fig. 2 and 3 are used in order to decide the constants in Eq. 3.

The results are Eq. 4 and Fig. 4 for hyperthyroidism and Eq. 5 and Fig. 5 for thyroid cancer. (assuming that the change of activity in the compartments in the case of thyroid cancer is the same to that of the normal thyroid). It is necessary to calculate 12 values of volume dose as shown on Fig. 6 in order to get R , but the contributions expressed as dotted line on Fig. 6 are excluded from the calculation. The problem of the miction is solved by the method illustrated on Fig. 7, 8 and 9.

The results are shown on Fig. 10 and Table I and II. R for hyperthyroidism is 83% when E.H.L. is 6.0 days and 24 hr uptake is 79%, and 81% when E.H.L. is 3.0 days and 24 hr uptake is 79%.

These tables show the following:

1. Contribution to volume dose of the lesion
 - 1) β -ray in the thyroid is most effective
 - 2) γ -ray in the thyroid is about 10% of contribution of β -ray in the thyroid
 - 3) the effect of γ -ray in the bladder is negligible
2. Contribution to volume dose of the body except thyroid
 - 1) γ -ray in the thyroid is most hazardous
 - 2) others are not so important but should be considered for the treatment of the thyroid cancer
3. R is not so dependent on E.H.L.

Considering for tolerable volume dose of total body (may be 10 mega-gr-R) and R , it is thought that

the good result by so called metabolized radioisotope therapy is obtainable only when the affinity of radioisotope to the tumor tissue is at least 50 times higher than the normal tissue. The affinity in the case of hyperthyroidism is several thousands times higher than normal tissue.

悪性腫瘍の放射線治療を行なうに際しまず第一に考慮せねばならないことは、いかにして病巣部への放射線量を増大させるか、またいかにして健常部への線量を減少せしめるかということ、すなわち空間的線量分布の問題である。優れた空間的線量分布を得る方法についてはこれまで種々の研究があり、かつ実用化され大きな効果をあげてはいるが、その優劣を細かく論じようとする際には等量曲線を目で見ての印象よりするという傾向が強く、これでは万人を納得させるものとはいえない。

宮川は病巣容積線量率 (R) (病巣容積線量 / 全身容積線量 × 100%) なる概念を空間的線量分布の優劣を判断する一つの尺度とすることを提唱し、種々の治療法について研究しその結果を学会誌¹²⁾に発表した。その中で著者等は radioisotope の体内投与による悪性腫瘍の治療例として、¹³¹I による甲状腺癌の治療、³²P による慢性白血病の治療、⁹⁰Y および ¹⁹⁸Au コロイドの腫瘍内注入療法についての病巣容積線量率を求めたが、今回はこれ等のうちとくに ¹³¹I による甲状腺癌の治療をさらに細かく検討し、この結果を ¹³¹I による甲状腺機能亢進症の治療の場合と比較し、さらにいわゆる metabolized radioisotope therapy の適応を定める基準ともいうべきものにもこれを適用することを試みたのでここにこれを発表する。

I. 甲状腺疾患の場合の ¹³¹I 量の経時的变化を示す式

甲状腺癌の ¹³¹I による治療の際の病巣容積線量率の値については、宮川および著者が「放射線治療の空間的線量分布 (第2篇)²¹⁾」においてすでに発表した。その方法は人体を甲状腺癌の部分、正常部、およびその他の身体部分の3つにわけ、おのおのの有効半減期を定め、β線およびγ線がこの3つの部分に与える線量を別個に計算して病巣容積線量率を求める方法であつた。この方法は近似的には正しく、その誤差は実用上許され

得る範囲にあると思われるが、しかしながら血液と甲状腺間の¹³¹Iのやり取り、あるいは血液と尿中排泄との関係、などをも考慮に入れて、より高次の近似計算を行なつた方が一層適していると考えられる。

そこで著者はいわゆる two compartment system を想定し、一つの compartment より他の compartment へ単位時間内に出て行く量はその compartment 内に存在する量に比例するという仮定のもとに上述の病巣容積線量率を求めてみた。

第1図に示したのはいわゆる two compartment system を甲状腺の場合に適用したものである。

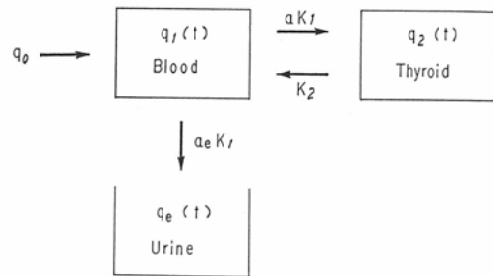


Fig. 1. Illustration of Two Compartment System for Thyroid

こゝに

$q_0 = \text{mCi of } ^{131}\text{I activity administered into compartment "Blood" at time } t = 0$

$q_1(t) = \text{radioactivity in mCi in compartment "Blood" at time } t = t$

$q_2(t) = \text{radioactivity in mCi in compartment "Thyroid" at time } t = t$

$q_e(t) = \text{radioactivity in mCi in compartment "Urine" at time } t = t$

$k_1 = \text{turnover rate for compartment "Blood"}$
($a + a_e = 1$)

$k_2 = \text{turnover rate for compartment "Thyroid"}$
である。

したがって次の3つの式が成り立つ。

$$\begin{aligned} \frac{dq_1}{dt} &= k_2q_2 - (k_1 + \lambda_p)q_1 \\ \frac{dq_2}{dt} &= ak_1q_1 - (k_2 + \lambda_p)q_2 \\ \frac{dq_e}{dt} &= ae k_1q_1 - \lambda_p q_e \end{aligned} \quad \text{Eq. 1}$$

(λ_p = decay constant)

初期条件を入れてこれを解くと次のようになる。(解法については文献4)を参照されたい)

$$\begin{aligned} q_1 &= q_0 e^{-\lambda_p t} \left[\frac{k_2 - \lambda_b}{\gamma} e^{-\lambda_b t} + \frac{k_1 - \lambda_b}{\gamma} e^{-(\lambda_b + \gamma)t} \right] \\ q_2 &= \frac{ak_1 q_0}{\gamma} e^{-\lambda_p t} \left[e^{-\lambda_b t} - e^{-(\lambda_b + \gamma)t} \right] \\ q_e &= \frac{ae k_1 k_2 q_0}{\lambda_b (\lambda_b + \gamma)} e^{-\lambda_p t} \left[1 - \frac{(\gamma + \lambda_b)(k_2 - \lambda_b)}{k_2 \gamma} e^{-\lambda_b t} - \frac{\lambda_b (k_1 - \lambda_b)}{k_2 \gamma} e^{-(\lambda_b + \gamma)t} \right] \\ &\quad \left(\gamma = [(k_1 - k_2)^2 + 4ak_1 k_2]^{1/2} \right. \\ &\quad \left. \lambda_b = 1/2(k_1 + k_2 - \gamma) \right) \end{aligned} \quad \text{Eq. 2}$$

すなわち、 q_1, q_2, q_e とも2~3ケの指数関数の和あるいは差としてあらわされることになる。

これ等の式の中の未知数、すなわち $k_1, k_2, a(a_e)$ を実際に測定した q_1, q_2, q_e の値をもとにして求めれば上式は完成するわけであるが、その計算はきわめて複雑なので簡易法を用いたがその概要は次の通りである。

この場合、 $k_1 \gg k_2$ すなわち投与された ^{131}I が甲状腺に集まる傾向および尿中に排泄される傾向の方が、甲状腺が一たんつた ^{131}I を血中にもどす傾向よりはるかに大きいということは多くの実験の示しているところである。この条件を入れて上式を簡略化すると次のようになる。

$$\begin{aligned} q_1 &= q_0 e^{-\lambda_p t} \left[\frac{ak_2}{k_1} e^{-ae k_2 t} + e^{-k_1 t} \right] \\ q_2 &= q_0 a e^{-\lambda_p t} [e^{-ae k_2 t} - e^{-k_1 t}] \\ q_e &= q_0 e^{-\lambda_p t} [1 - a e^{-ae k_2 t} - a_e e^{-k_1 t}] \end{aligned} \quad \text{Eq. 3}$$

さて、最初の短時間においては甲状腺より血中への移行は無視できるほど小さいので、その時の甲状腺と尿中の ^{131}I 量の比は、ほぼ a と a_e の比そのものに等しいと考えられる。したがって測定値より a と a_e の比が定まり、さらに $a + a_e = 1$ の関係を利用して、 a, a_e の値を定めることができる。

a および a_e がわかれば k_1, k_2 を求めることは容易である。すなわち q_2 をあらわす式におい

て最初の短時間を考えると、同じような考え方から

$$q_2 = q_0 a e^{-\lambda_p t} [1 - e^{-k_1 t}]$$

となりこれに実測値を代入して k_1 を求めることができる。

k_2 を求めるには、やはり q_2 の式において相当長時間たつた後を考える、[]内の第2項は無視できるほど小さくなるので、そういう場合の実測値をあてはめれば容易である。“相当長時間”としては有効半減期(昂進症、癌ともに6日とした)を用いた。

このような方法により、著者は甲状腺機能昂進症と甲状腺癌のおのおの代表的と思われる例につき、 q_1, q_2, q_e を数式にあらわしたが、その常数をきめるために第2図、および第3図に示した例を用いて計算を行なった。(甲状腺癌の例については正常甲状腺の場合をそのまま適用し、甲状腺を癌の部分と正常の部分の2つの compartment に細分することはしなかつたが病巣容積線量率を求めるためにはこれで十分であると思われる。)

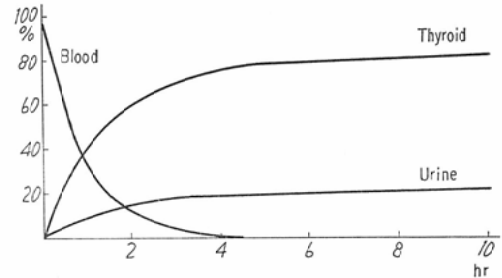


Fig. 2. % of Dose in the Case of Hyperthyroidism

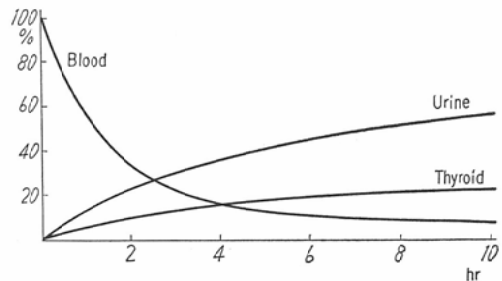


Fig. 3. % of Dose in the Case of Normal Thyroid (The calculation for thyroid cancer was done by this graph.)

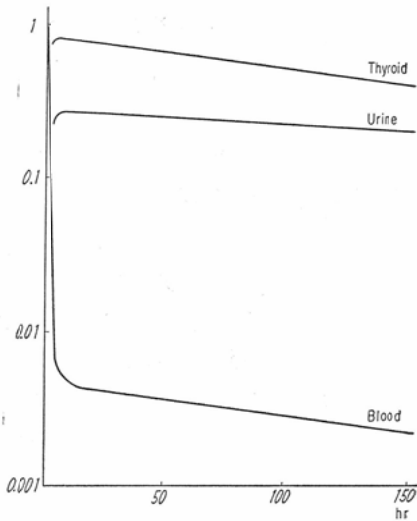


Fig. 4. Graph of the Equation for Hyperthyroidism

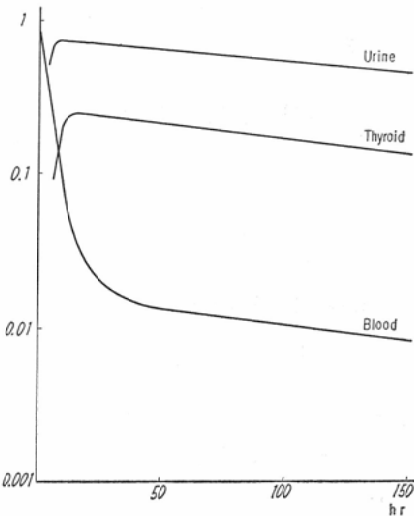


Fig. 5. Graph of the Equation for Thyroid Cancer

Equation for Thyroid Cancer

$$q_1 = q_0 e^{-0.00361t} [0.0017e^{-0.00121t} + e^{-0.25t}]$$

$$q_2 = 0.27q_0 e^{-0.00361t} [e^{-0.00121t} - e^{-0.25t}]$$

$$q_e = q_0 e^{-0.00361t} [1 - 0.27e^{-0.00121t} - 0.73e^{-0.25t}]$$

$$\left(\int_0^\infty q_1 dt = 4q_0 \quad \int_0^\infty q_2 dt = 55q_0 \right. \\ \left. \int_0^\infty q_e dt = 218q_0 \quad \int_0^\infty q_0 dt = 277q_0 \right) \text{ Eq. 5}$$

上述した如く、計算は有効半減期を6日として行なつたが、これを半分の3日とすると、〔 〕内の第1項 $e^{-0.00121t}$ が $e^{-0.00803t}$ となる。また昂進症の場合の $\int_0^\infty q_1 dt$, $\int_0^\infty q_2 dt$, $\int_0^\infty q_e dt$, $\int_0^\infty q_0 dt$ はそれぞれ q_0 , $67q_0$, $209q_0$, $277q_0$ となる。一方癌の場合はそれぞれ $4q_0$, $22q_0$, $251q_0$, $277q_0$ となる ($\int_0^\infty q_0 dt$ が常に同値であることは当然である。)

II. 甲状腺機能昂進症および癌の場合の病巣容積線量率

これを求めるには、たとえば、甲状腺内の ^{131}I - β 線が甲状腺それ自体に与える容積線量、膀胱中の ^{131}I - γ 線が甲状腺に与える容積線量、というように全容積線量を各項目ごとに別々に計算しなければならない。第6図にその内容を示す。

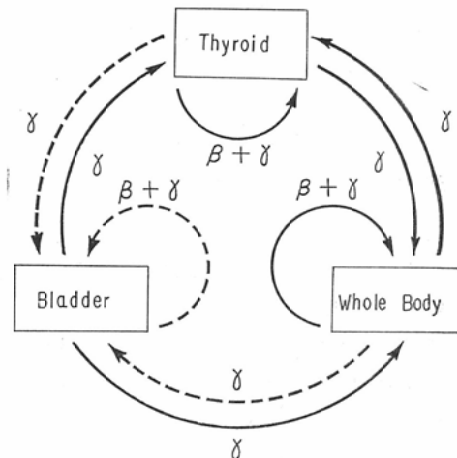


Fig. 6. Relationships between Compartments about Volume Dose

計算の結果を下に示す。これ等をグラフにあらわしたものが第4図、第5図である。

Equation for Hyperthyroidism

$$q_1 = q_0 e^{-0.00361t} [0.0046e^{-0.00121t} + e^{-t}]$$

$$q_2 = 0.79q_0 e^{-0.00361t} [e^{-0.00121t} - e^{-t}]$$

$$q_e = q_0 e^{-0.00361t} [1 - 0.79e^{-0.00121t} - 0.21e^{-t}]$$

$$\left(\int_0^\infty q_1 dt = 2q_0 \quad \int_0^\infty q_2 dt = 163q_0 \right. \\ \left. \int_0^\infty q_e dt = 113q_0 \quad \int_0^\infty q_0 dt = 277q_0 \right) \text{ Eq. 4}$$

結局、全部で12項目の容積線量の計算が理論上必要となる。

しかしながら、これ等12項目のうち、膀胱→膀

膀胱の容積線量の計算はβ線γ線とも行なわなかつた。たしかに¹³¹Iの治療量投与によつて膀胱炎を起したという報告もあるが、膀胱壁に与えられた線量をそのまま全身容積線量に加えることは納得しがたい点があるし、また膀胱壁の容積線量の計算は膀胱の生理的性質上きわめて困難であるからである。

また、甲状腺→膀胱、全身→膀胱も同じような理由で計算より除外した。

また、全身が照射源となる場合の計算は血液が全身にくまなく均等に分布していると仮定して行なつた。

これ等各項目の値を求めるために用いた計算方法の概略は次の通りである。

1) β線に関する項

すなわち甲状腺→甲状腺、および全身→全身の場合であるが、これは¹³¹Iが均等に組織中に分布し、また組織はどこでも均等な構成をもち、かつβ線のもつエネルギーは完全に計算の対称たる範囲内で吸収されるという仮定のもとに導き出されたところの

$$2.13 \times E_{\beta} \times C \times 10^3 \text{ rad/hr}$$

なる式を用いた。こゝに E_{β} は平均エネルギー(0.187MeV)、 C は濃度(mCi/gm)である。したがつて甲状腺→甲状腺の容積線量は

$$399 \times \int_0^{\infty} q_2 dt \cdot \text{gm-rad}$$

となり、また全身→全身の容積線量は

$$399 \times \int_0^{\infty} q_1 dt \cdot \text{gm-rad}$$

となる。

2) 全身→全身(γ線)および甲状腺→甲状腺(γ線)の計算

体積 V 内にγ線源が一様に分布し、濃度を C mCi/gm、体積 V の平均幾何学的因子を g 、1 mCiの線源より1cmはなれた点において1時間にうけるレントゲン量を Γ とすると、体積 V 内の一点のうける線量の平均は

$$C\Gamma g \cdot R/\text{hr}$$

であらわされることを用いた。したがつて全身→全身の場合の容積線量は

$$2.3 \times 122 \times \int_0^{\infty} q_1 dt = 281 \times \int_0^{\infty} q_1 dt \cdot \text{gm-R}$$

となる。こゝに Γ は2.3であり、 g の全身の場合の値は122とした。

また甲状腺→甲状腺の場合は同様にして、

$$2.3 \times 17.6 \times \int_0^{\infty} q_2 dt = 40.5 \times \int_0^{\infty} q_2 dt \cdot \text{gm-R}$$

となる。こゝに17.6は甲状腺の g である。

3) 甲状腺→全身(γ線)の計算

宮川・飯野は人体横断面を扇形とみなし、この扇形柱の一端に R_a 点線源がある場合の容積線量を求めたが、それによれば R_a 1 mgh についての容積線量は298gm-R/mghである。したがつて¹³¹Iの場合には

$$298 \times \frac{2.3}{8.4} \text{ gm-R/mCih}$$

となる。したがつて求むる容積線量は次のようになる。

$$298 \times \frac{2.3}{8.4} \times \int_0^{\infty} q_2 dt = 81.6 \times \int_0^{\infty} q_2 dt \cdot \text{gm-R}$$

4) 全身→甲状腺(γ線)の計算

逆線量の理によれば全身に均等に分布した¹³¹Iのγ線(濃度 C)が甲状腺に与える線量は、甲状腺に存在する C なる量の¹³¹Iが全身に与える容積線量に等しい。したがつて求むる容積線量は

$$(\text{甲状腺の } g \text{ 数}) \times 298 \times \frac{2.3}{8.4} \times \frac{\int_0^{\infty} q_1 dt}{\text{体重}(g)} \text{ gm-R}$$

となる。大略の値として体重を60kg、甲状腺の重量を20gとすると、この値は

$$0.027 \times \int_0^{\infty} q_1 dt \cdot \text{gm-R}$$

となり他項にくらべ無視できる量であることがわかる。

5) 膀胱→全身(γ線)の計算

第1図の中で示したCompartment "Urine" は実際は膀胱内にたまつているurineとすでに体外に排出されたurineとの和を示すものである。すなわち、もし尿を蓄尿びんにためておくとすると、Compartment "Urine" は(膀胱+蓄尿びん)ということになるわけである。しかし膀胱内の¹³¹Iは照射線源となり得るが蓄尿びん中の¹³¹I

はもはや線源とはなり得ぬことを考えると、これを単なる一つの Compartment として考えることは不合理である。そこで Compartment "Urine" をさらに膀胱と体外へ排出されたものとの2つにわけて考えることにする。(第7図)

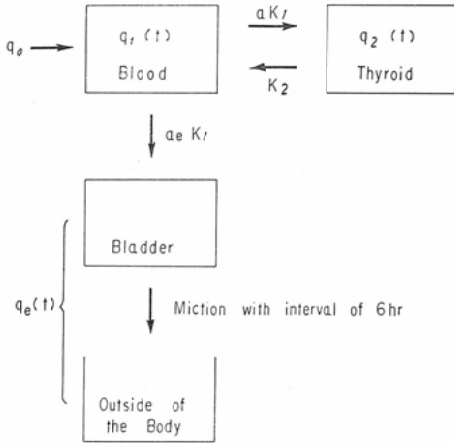


Fig. 7. Modified Two Compartment System

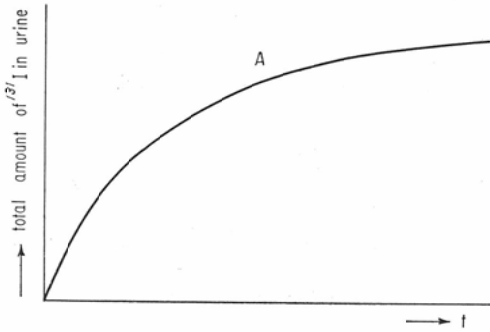


Fig. 8. Total Amount of ¹³¹I in Urine without considering for Miction and Decay

計算を容易にするために1日に4回、6時間おきに排尿すると仮定する。

いまかりに膀胱にたまつた尿は一切排出されず、またdecayしないとすると、膀胱内の¹³¹Iの量と時間の関係は第8図のようになることは明らかである。

6時間おきに排出されるという仮定を入れると膀胱内にたまる¹³¹I量は第9図で示した点線部分の総和となるはずであり、これは第8図の曲線を6時間だけt軸の正の方向へ移動させた曲線(第9図のB)ともとの曲線(A)との間の面積

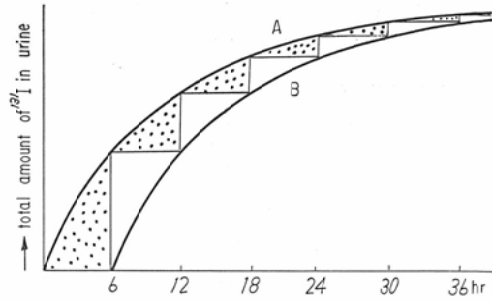


Fig. 9. Total Amount of ¹³¹I in Urine (Bladder) (Dotted Area) without considering for Decay

の $1/2$ にほゞ等しいはずである。

こゝまでは decay を考えていないのであるから、こゝで q_e の代わりに $q_{e'}$ とおくと、

($q_{e'} = \frac{q_e}{e^{-\lambda pt}}$) 求める面積は

$$1/2 \left[\int_0^{\infty} q_{e'}(t) dt - \int_0^{\infty} q_{e'}(t-6) dt \right]$$

となる。添数 (t) および (t-6) は式 $q_{e'}$ においてそれぞれ $t=t$, $t=t-6$ とおいた式、すなわち第9図において A, B, であらわした2つの曲線にそれぞれ対応するものである。

こゝで decay を考えに入れると、求める式は

$$1/2 \left[\int_0^{\infty} q_{e'}(t) e^{-\lambda pt} dt - \int_6^{\infty} q_{e'}(t-6) e^{-\lambda pt} dt \right] \\ = 1/2 \left[\int_0^{\infty} q_e dt - \int_6^{\infty} q_{e'}(t-6) e^{-\lambda pt} dt \right]$$

となる。

計算してみると甲状腺機能亢進症 (E.H.L. = 6.0 days) の場合は $1.1 q_0$ となり、甲状腺癌 (E.H.L. = 6.0 days) の場合は $2.8 q_0$ となる。

膀胱を点線源とみなし、前述の人体を扇形柱として求めた結果を適用すると、Ra 1mgが体中央部におかれた時の全身容積線量は 593gm-R/hr であるから、たとえば甲状腺機能亢進症の場合の $1.1 q_0$ を用いると

$$593 \times \frac{2.3}{8.4} \times 1.1 q_0 = 179 q_0 \approx 180 q_0 \cdot \text{gm-R}$$

という値が得られる。

6) 膀胱→甲状腺 (γ線) の計算

膀胱は甲状腺から相当はなれているので、これを点線源とみなすと膀胱に存在する¹³¹Iの1mCiが甲状腺に与える線量は、膀胱甲状腺間距離を60cmとすると

Table I Contribution of each Compartment to Volume Dose (gm-R/mCi) (E.H.L. 6.0 days)

	Kind of Radiation	Hyperthyroidism %		Thyroid Cancer %	
thyroid → thyroid	β	65000	75.3	22000	69.2
whole body → whole body	β	800	0.9	1600	5.0
whole body → whole body	γ	560	0.6	1120	3.5
thyroid → whole body	γ	13300	15.4	4490	14.1
thyroid → thyroid	γ	6600	7.6	2230	7.2
bladder → whole body	γ	180	0.2	370	1.0
bladder → thyroid	γ	~ 0		~ 0	
whole body → thyroid	γ	~ 0		~ 0	
Total		86440		31810	

Table II Contribution of each Compartment to Volume Dose (gm-R/mCi) (E.H.L. 3.0 days)

	Kind of Radiation	Hyperthyroidism %		Thyroid Cancer %	
thyroid → thyroid	β	26800	73.7	8810	59.8
whole body → whole body	β	560	1.5	1600	10.9
whole body → whole body	γ	400	1.1	1130	7.7
thyroid → whole body	γ	5460	15.0	1800	12.2
thyroid → thyroid	γ	2710	7.4	900	6.1
bladder → whole body	γ	490	1.3	490	3.3
bladder → thyroid	γ	~ 0		~ 0	
whole body → thyroid	γ	~ 0		~ 0	
Total		36420		14730	

$2.3 \times 1/60^2 = 0.00034 \text{ R/hr}$

となり無視できる。

7) 膀胱→膀胱 (β, γ線), 甲状腺→膀胱 (γ線), 全身→膀胱 (γ線) の計算

これ等の値を求めることは行なわなかつたがその理由はすでに述べた。

以上のような方法によつて求めた項目別の容積線量は第一表のようになる。参考のために E.H.L. が3日の場合を第2表に示した。β線によるものは $\text{rad} \doteq \text{R}$ としてそのまゝ加算した。

附記：こゝでは一般に用いられる24時間 uptake の値は計算に用いながつたが、得られた式において $t=24$ とおいてみると、鼻進症では79%、癌では27%となる。また uptake が最高になる時間を式より求めてみると、それぞれ7時間、21時間となる。

甲状腺機能鼻進症の場合の病巣容積線量率は第1表、第2表で示した結果より容易に求められ、それぞれ83%、81%となるが、甲状腺癌の場合は若干の操作を要する。というのはこれまでの議論では甲状腺の正常部分と癌の部分とを一括して単に甲状腺として取扱つてきたので、病巣容積線量率を計算するためにはこれ等を別々にわけて計算しなければならないからである。

第2篇 (日本医放会誌, 23, 893—906, 63)

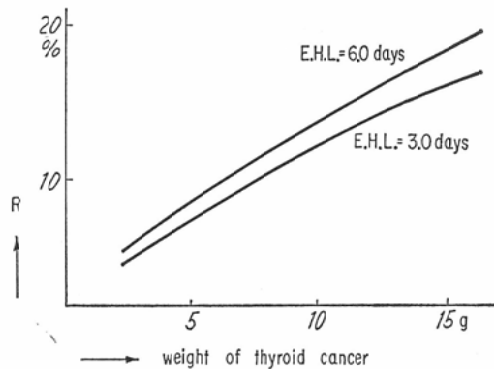


Fig. 10. “R” for Thyroid Cancer (calculation was done by the method given in this article)

の902頁に記載した仮定と同様に、正常甲状腺を20gとし、癌の部分は正常部の uptake の $1/2$ とすると病巣容積線量率は第10図のようになる。(正常甲状腺の重さ、正常部と癌の部分との uptake の比についての仮定は第2篇のそれと同じであるが、第2篇では正常部と癌と部分との uptake の和は癌が大きくなるにしたがつて増加するが一癌1gにつき uptake は0.5%増加する一、こゝでは total の uptake は癌の大ききにかゝらず一定—27%—として計算した。)

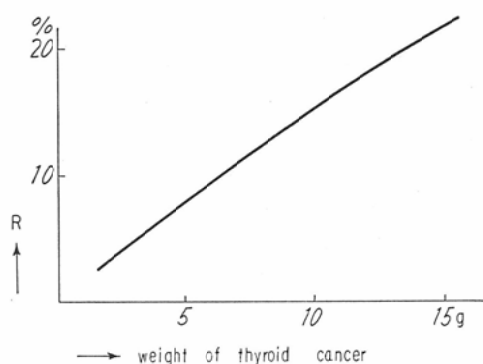


Fig. 11. "R" for Thyroid Cancer (calculation method is given in reference 2)

厳密な意味での比較はできないが参考までに第2篇で求めた病巣容積線量率を第11図に示した。両者の間にはあまり大きな差はないようである。

III. リニヤー・スキヤニングを用いて求めた病巣容積線量率

リニヤー・スキヤニングを用いても病巣容積線量率を推定することができる。第12図および第13

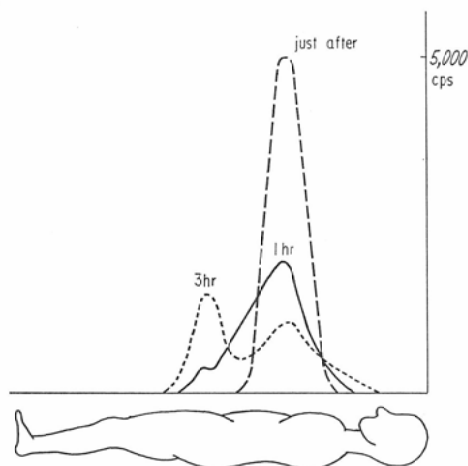


Fig. 12. The Linear Scanning of the Patient of the Thyroid cancer with Lung Metastases

図は両肺野に転移巣をもつ甲状腺癌の患者についてのスキヤニングの結果を示したものであり、第14図はその減衰曲線である。

病巣容積線量率の定義より明らかなように、分母子におおの比例する値を求めれば十分なので、これ等の面積比よりおよそその近似値が得ら

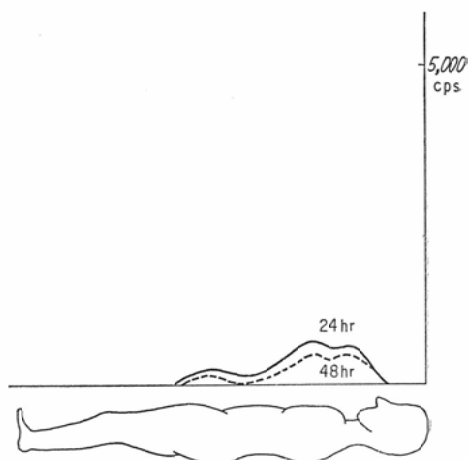


Fig. 13. The Libear Scanning of the same Patient

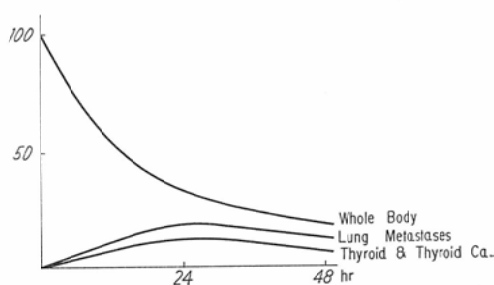


Fig. 14. Decay Curve given from Fig. 12 and 13

れる。この患者の場合には約29%である。

IV. 総括および考察

甲状腺疾患の radioisotope 治療の場合の病巣容積線量率 (R) を第2篇では一たん甲状腺に摂取された ^{131}I は甲状腺外に出て行くことはないとして計算を行なつたが、本篇では甲状腺内外に ^{131}I の移動があるとして計算を行ない、 ^{131}I の甲状腺内量、血中量、体外排泄量を数式としてあらわした。

この式をもとにして、病巣容積線量率を求めたが、その結果は第2篇で求めたものとはほぼ一致した。またリニヤー・スキヤニングから得られた結果もある程度これを裏書きしていると思われる。

治療の際の全身容積線量は全身的副作用の大小を示す重要な指標であるが、そのうちわけを表として示した。

治療上もつとも有効なのは、甲状腺に摂取された¹³¹Iのβ線によるものであることは当然であるが、血中¹³¹Iのβ線およびγ線による全身容積線量は uptake の高い機能昂進症の場合にはあまり問題とならないが、uptake の低い甲状腺癌の場合には問題となる。

膀胱にたまった尿中¹³¹Iによる全身容積線量は何れの場合についても問題とする必要は少ないであろう。

有効半減期が6日と3日の間には余り大きな差は認められない。これは、両者ともに最大 uptake の値、およびこれに達するまでの時間は相等しいが、これ以後はそれぞれの有効半減期によって減衰するという計算上の仮定があるので、あまり厳密な比較はできないが、病巣容積線量率に関しては有効半減期はあまり影響しないと考えてよいと思われる。

病巣容積線量率の大小が実際に治療を行なう場合非常に参考になるということはいうまでもないが、しかしこれのみが治療の効果を決定するものでないことは当然である。この点についてはすでに第1篇、第2篇で種々の治療法についての病巣容積線量率を求める際論じているので、こゝではこれ以上言及しない。しかしながら、前にはとくにふれなかつた耐容容積線量との関係は radioisotope の内用療法の場合にはとくに重要と思われるので若干の考察を加えてみたい。

代謝を利用した radioisotope 治療 (metabolized radioisotope therapy) が初期に期待されたほどの効果をあげていない最大の理由は、十分な量の radioisotope を効率よく悪性腫瘍組織に与え

ることができないという点にあることは明らかである。悪性腫瘍組織への radioisotope の親和性が他の身体組織より単に高いということだけでは、その radioisotope を治療に使うことができるということにはならない。重要なことは、十分な腫瘍線量を与えるだけの radioisotope を投与した時の全身容積線量が患者にとって耐えられるであろうか否かを検討することである。

radioisotope 投与時の耐容容積線量については、現在十分に考究されているとはいえないが、比較的少量を投与した例、あるいは大照射野を用いての体外照射などの際の副作用の程度から考えて、やゝ少なめにとつた値ではあるが、10mega-gm-R 位と考えたい。この場合には、一般的には病巣での radioisotope の濃度は他の身体組織のそれよりも50倍位以上高くないとよい結果は得られないということになる。

ただか数倍位の濃度比では、いたずらに副作用のみ大きくて治療の目的は達せられない。満足すべき結果をおさめている甲状腺機能昂進症の場合には、濃度比が数千倍にも達することを考えると、悪性腫瘍に対する metabolized radioisotope therapy の前途はなお遠いといわねばなるまい。

文 献

- 1) 宮川正・飯野祐：放射線治療の空間的線量分布（第1篇），日本医放会誌，20，1205—1213，1960.
- 2) 宮川正・飯野祐：同上（第2篇），日本医放会誌，23，893—906，1963.
- 3) 江藤秀雄他：放射線医学，医学書院，東京，1959.
- 4) Hine & Brownell: Radiation Dosimetry, Academic Press Inc., New York, 1956.