

《研究速報》

人体内の放射能の定量的測定

——全身にうすく分布する放射能の測定法——

秋山 芳久* 油井 信春** 木下富士美** 小坪 正木**
伊藤 一郎**

I. はじめに

投与した放射性医薬品の全身分布が正確に測定できれば、臓器の機能の定量的解析をはじめ、多くの新しい診断情報をもたらす可能性がある。放射性医薬品は一般には特定臓器に集積するが、これら臓器以外にも全身に薄くバックグラウンドとして分布している。

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) はもともと3次元的な放射能分布が測定可能であり、全身にわたり SPECT 検査を行えば、原理上は集積臓器はもちろんバックグラウンド部位の放射能も測定できる。ただ SPECT から定量的なデータを得るためには、 γ 線の人体内での吸収¹⁾や散乱を正確に補正しなければならず最低限、体輪郭のデータ²⁾も得る必要がありこれを全身にわたり行うには、かなりの手間がかかる。またバックグラウンドの部位はもともと収集されるカウントが少なく、再構成計算後も非常に統計雑音を多く含んだ結果になり、手間をかけて SPECT を行っても、得られる値そのもののがかならずしも信頼性の高いものとは言えない。

最近、核医学のイメージング装置として、スポット撮像、全身撮像、SPECT の可能なガンマカメラシステムが普及しはじめている³⁾。このシス

テムを用い、集積臓器の放射能は SPECT の機能で、全身に薄くバックグラウンド的に分布している放射能は全身撮像の機能で、全身の放射能分布を定量的に求めることを考えた (使用した装置は東芝製 GCA-70A)。今回は主に後者について報告する。

II. 方 法

人体内における放射能の分布は次の2つの方法で算出する (Fig. 1)。

A. 放射能の集積している臓器に対しては SPECT を行い、吸収や散乱線を正確に補正して、

$$A = \alpha \cdot \sum S_i$$

で求める。ただし、 A は臓器内の全放射能、 α は実験により求めるもので、SPECT により計算されたボクセルのカウントから放射能への換算のための定数、 S_i は i のボクセル内のカウントである。

B. 全身に薄くバックグラウンド的に分布している放射能は全身データから求める。ただ線源から放出された γ 線は検出器に到達するまでに人体

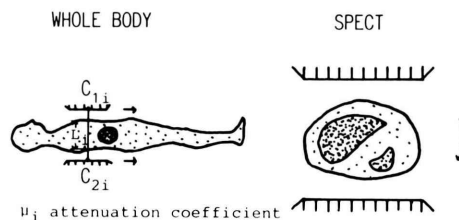


Fig. 1 Method to measure whole body radioactive quantity. The quantity of radioactivity which distributes weakly over the whole body is computed by using the data of digitized whole body image (left). Radioactive quantity of accumulated organs is computed by using the data of SPECT (right).

* 千葉がんセンター物理室

** 同 核医学診療部

受付: 59年9月14日

最終稿受付: 59年12月10日

別刷請求先: 千葉市仁戸名町 666-2 (☎ 280)

千葉県がんセンター物理室

秋 山 芳 久

内で減衰を受ける。定量的に求めるためには、これを補正しなければならない。128×128 (1.69 cm×1.69 cm) で収集された全身データのうちから、目視によりバックグラウンド部位を推定し、Sorenson の方法⁴⁾をもとにした (1) 式により減衰を補正して求める。

$$B = \beta \sum \sqrt{\frac{C_{1i} \times C_{2i} \cdot D_i \cdot \exp(D_i/2)}{2 \sin h(D_i/2)}} \dots (1)$$

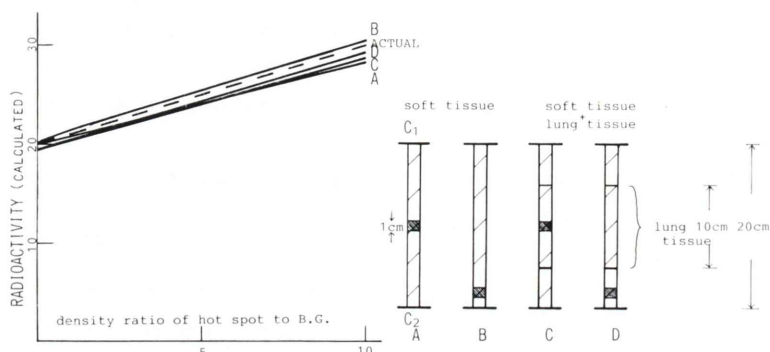


Fig. 3 Actual vs. computed value at the case of human tissue which are assumed to have a hot spot (simulation). Dotted line shows the actual and each solid line the value computed. The difference between the actual and the computed is small.

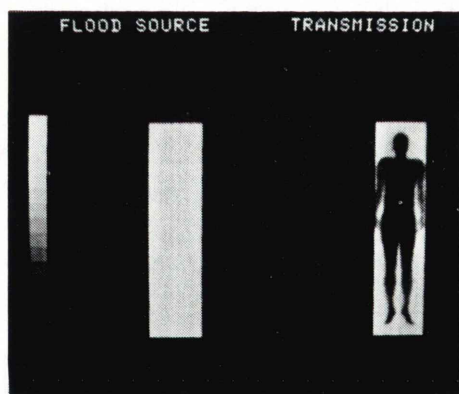


Fig. 4 Transmission image of the bed (left), the bed and human body (right).

ただし、B は目視により指定されたバックグラウンド部位の全放射能、 β は実験的に求めるものでカウントから放射能への換算定数であり、 C_{1i} 、 C_{2i} はそれぞれの位置での上下両検出器で測定さ

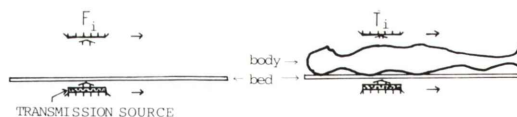


Fig. 2 Method to measure whole body transmission data to calculate distributed radioactive quantity over the whole body. F_1 represents the counts of γ -rays from transmission source through the bed (left), T_1 represents through the bed and human tissue.

れたエミッションのカウントを示す。 D_i は i の位置での $\mu_i \times L_i$ (減弱係数×体の厚み) に相当するが、トランスミッション線源を用いれば、

$$D_i = \log e F_i / T_i \dots (2)$$

により簡単に求められる。ここで F_i 、 T_i は Fig. 2 のように被検者がいない場合、被検者がいるばあいでのトランスミッションデータである。

最初にトランスミッションデータを収集して (2) 式の値を得、次にこの値と上下両検出器によるエミッションのデータから (1) 式を用い算出するのが本法である。次に (1)、(2) 式を使用して求めることの評価をシミュレーション計算で行った。

III. シミュレーション計算結果

減弱係数が一定であり、かつ放射能濃度が一定の部位では (1) と (2) 式により原理的には確実に吸収が補正でき、定量的な放射能が算出できる。しかし、バックグラウンドとして分布する放射能

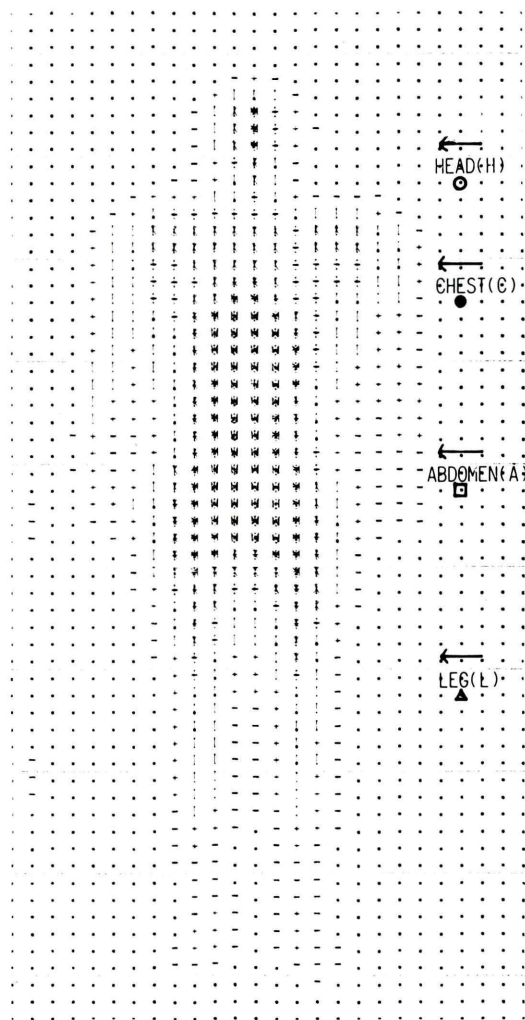


Fig. 5 Image of the value computed through the expression (2).

は必ずしも濃度が一定とは限らず、また、胸部では減弱係数一定の仮定も成り立たない。軟部組織のみの部位で中心および端、胸部で肺および軟部組織に hot spot があり濃度を 10 倍まで変えたときの結果が Fig. 3 の A, B, C, D で示されている。その部位における実際の放射能が点線で表されている。減弱係数が一定でなくても、また放射能濃度が一定でなくても、ほぼ正しく求められることを示している。これらは ^{99m}Tc を用いたファントム

ム実験でも確認した。

IV. 臨床応用例

Figure 4 にベッドのみと全身のトランスミッションデータの CRT 表示がのっている。128×128 で収集されたデータを 64×64 に圧縮して各部位を (2) 式で計算し、ラインプリンターに重ね打ちで表示した像を Fig. 5 にしめす。なお、トランスミッション線源 (外側 42 cm×42 cm×3 cm, 内側 37 cm ϕ ×1 cm のアクリル製平面線源ファントムに ^{99m}Tc 5 mCi 封入) は後方のガンマカメラに固定し、データの収集は当院における ^{99m}Tc 線源の時の全身撮像条件、2 パス、スキャン長さ 200 cm, スキャン速さ 60 cm/min で行った。応用法として減弱係数が一定の部位では、この値から直接体の厚みをもとめることも可能であるが、腹部の中央で 21 cm であった。

V. 考 察

全身の SPECT を行えば、確かに各臓器の放射能が算出できる。しかし、前述したように、手間がかかることと統計雑音の点からバックグラウンドの部位では SPECT が必ずしも有利な方法ではない。かといって、全身撮像のデータのみでは集積臓器の放射能を正確に推定することは困難である。 ^{99m}Tc -フィテート投与時の肝臓、脾臓のように集積臓器が重なっている時は特に難しい。そこで、本文のような方法を考えた。

全身の放射能分布を定量的に求めるのはなかなか難しく、まだ確立した方法はないように思われる⁵⁾。しかし、放射性医薬品の開発にもより、全身の放射能分布が診断情報として必要になったとき、なんらかの方法でこれを求めなければならない。本法はこの際の一つの有力な方法になり得るものと考えられる。

本研究の一部は厚生省がん研究助成金 ((58-42) 班長田中栄一) の援助を受けた。

文 献

- 1) 田中栄一：荷重逆投影法によるシングルフォトン ECT のイメージ再構成. *Med Imag Tech* **1**: 11-17, 1983
- 2) 秋山芳久, 油井信春, 佐方周防, 他：シングルフォトン RCT の定量化についての検討——体輪郭の抽出法——. *Radioisotopes* **32**: 323-329, 1983
- 3) 油井信春, 木下富士美, 小坪正木, 他：Ga-citrate の emission CT 像による悪性腫瘍の診断. *核医学* **19**: 431-440, 1982
- 4) Sorenson JA: Quantitative measurement of radioactivity in vivo by whole body counting. *Instrumentation in Nuclear Medicine*, vol 2, Academic Press, New York, 1974, pp. 311-348
- 5) Tsui BMW, Chen CT, Yasillo NJ, et al: A conjugate whole-body scanning system for quantitative measurement of organ distribution in vivo. *J Nucl Med* **20**: 628, 1979

Summary

**Measurement of a Radioactive Quantity in a Human Body
—Mensuration of a Faintly Distributed Radioactive Quantity Over the Whole Body—**

Yoshihisa AKIYAMA*, Nobuharu YUI**, Fujimi KINOSHITA***,
Masaki KOAKUTSU** and Ichiro ITO**

*Physics Division, Chiba Cancer Center Hospital

**Department of Nuclear Medicine, Chiba Cancer Center Hospital

Radioactive agents that are administrated to a patient strongly accumulate in some specific organs, and weakly distribute over the whole body. It is necessary to measure the distributed radionuclide quantitatively for biokinetic analysis and calculation of internal radiation absorbed dose. Whole body distribution of a radioactivity can be theoretically obtained by applying the data of SPECT from head to toe. However, in order to apply the SPECT for the quantitative measurement, the correction of photon attenuation and Compton scatter effect is indispensable, but this is very troublesome. We have investigated a convenient method for quantitative measurement of whole body distribution of a radioactive agent

using a dual-head gamma camera system which has ability of conventional localized imaging, whole body imaging and SPECT.

The whole body radioactive quantity is measured by the following method. The quantity of radioactive material accumulated in target organs are computed by using the data of SPECT. The quantity of radioactivity which distributed weakly over the whole body is computed by using the data of digitized whole body transmission and emission images. In this paper, the latter is mentioned mainly.

Key words: Quantitative measurement, Whole body, Gamma camera system.