アイソトープキャリブレータの測定精度 (谷口・宮川・土井信・砂屋敷)

ノート

アイソトープキャリブレータの測定精度 (被測定液量と容器に対する補正)

広島大学医学部附属病院放射線部

谷口 金吾・宮川 忠重・土井 信一 格

広島大学原爆放射能医学研究所

砂屋 敷 忠

(論文受理 昭和54年4月19日)

(Code No. 34310)

CORRECTION FACTOR OF RADIOISOTOPE CALIBRATOR FOR RADIOISOTOPE VOLUME AND THE VESSEL

By KINGO TANIGUCHI,

TADASHIGE MIYAKAWA and

IKKAKU DOINOBU

Department of Radiology, Hiroshima University School Hospital

TADASHI SUNAYASHIKI

Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University

(Article received: Apr. 19, 1979)

Summary

Radioisotope which is produced by milking system is first measured its activity and then prescribed for a patient. For this measurement, a radioisotope calibrator is used. At this time, correction of nuclide, activity, and location of the test material in the well is required.

We checked our two ionization chambers and a scintillation calibrator on the measurement error brought about by different radioisotope volume and container. For this purpose, we studied isodose curve, depth where real figure appears, and variation of the indicated value with time. As a result, we found out that there exists twice as much difference regarding the sensitivity depend on the depth in the well. And also, two apparatus of same type showed different isodose curve.

Enlargement of the volume of the test material also caused error. Isotope is usually contained in a syringe or vial when they are come into use. Here, sensitivity differs with the shapes of these containers as

well as the quantity of the liquid in them. After this study, we can say that at Tc-99m, nearly 20% error is enevitable.

At this study, we made a chart to bring out a correction coefficient for each measuring apparatus to correct these errors caused by different volume and different containers.

This paper reports the necessity of these error corrections, accuracy, and everyday checking.

1. 緒 言

近年の核医学検査においては、短半減期核種の使用が急増しており、その多くはミルキングシステムを用いて放射性同位元素を抽出している。この場合、抽出した放射性同位元素の放射エネルギーの測定を放射エネルギー測定器（例えばキュリーメータ、ドーズキャリブレータ）で行ない、その後、患者に投与することが多い。これらの測定器はいずれも測定のために井戸型の空洞（以下ウェルと言う）に試料を入れて測定する形式である。

この測定に際しては、放射性同位元素の核種について測定器の選択回路によって指示値の補正がなされており、その測定精度については、製作者の立場からの検討¹⁾、使用者の相互比較²⁾などの報告がみられるが、他に、放射エネルギー、試料の置かれる位置によっても指示値が異なると考えられる^{3)~5)}。そこで当院に設置されている同一機種の高圧箱型測定器 2 台（a, b）と他のシンチレーションタイプ 1 台（c）について、ウェル内の感度分布を調べ、測定指示値の精度を検討し、補正係数を求めた。同時に、装置の安定指示に要する時間、比放射能濃度依存性等の検討もあわせて行なったので報告する。

2. 装置及び材料

使用装置：アロカ社製キュリーメータで、IGC-1b 型、IGC-1 型（以下各々装置(a), 装置(b)という）の 2 台と感度分布比較のため、IGC-2 型（以下装置(c)という）を使用した。なお装置(a), (b)は検出器に高圧箱をもちい、試料を入れるウェルは直径 7 cm, 高さ 14 cm である。装置(c)は検出器がプラスチックシンチレータでウェルは直径 7 cm, 高さ 14.5 cm である。

注射器：注射器内側寸法 3 ml 用 4.7 cm×0.9 cm φ, 同様に 5 ml 用 3.8 cm×1.3 cm φ, 10 ml 用 6.0 cm×1.5 cm φ（注射器は規定の液量を満たした時の液面の高さで、使用出来る最大容量はそれぞれ 3, 6, 12 ml である。

バイアル：30 ml 用内側寸法 2.7 cm×3.4 cm φ（バイアルは 20 ml の液量を満たした時の液面の高さである。）のものを用いた。

使用放射性核種：Tc-99m, I-131 および Se-75 の 3 核

種。

3. 実験方法および結果

3.1. 指示値の安定に要する時間

当院において、キュリーメータが使用されるのは、Tc-99m の測定が主であることから、模擬線源として、エネルギーが Tc-99m に近く、比較的半減期の長い点を考慮して、Se-75 を用いた。アクリル製容器 0.5 cm×0.5 cm φ に Se-75 を密封し、ウェルの中心軸上で底面から 4 cm の高さに位置させて固定し、装置に通電後指示値が安定するまでに要する時間的経過を調べた。なお 5 回の測定値の平均と標準偏差を図に示した（Fig. 1）。

装置(a), (b)ともに、装置の測定可能な状態になった直後は指示値が高く、時間が経過するに従い一定値に達する。装置の測定可能状態（通電後約 1 分）の指示値については、装置(a)で安定状態時の約 1.4 倍、装置(b)で約 1.7 倍であった。両装置ともに指示値は装置の測定可能状態後 10 分を経過すると安定し、指示値は一定になる。

3.2. 比放射能濃度依存性

Tc-99m の 1 ml 溶液をマイクロピペットで倍数希釈を行ない、各 1 ml について、キュリーメータの指示値と放射エネルギーの直線性を求めた。結果を Fig. 2 に示すが、比放射能濃度と指示値との間には、両装置共に、ほぼ直線性が認められた。装置(b)はおおよそ 100 μ Ci 以下で直線性からわずかにはずれ、指示値が小さくなる傾向にある。

Fig. 1 Relation between the time after swiching-on the calibrators and the indicated activity.

アイソトープキャリブレーションの測定精度 (谷口・宮川・土井信・砂屋敷)

Fig. 2 Linearity of the indicated activity for Tc-99m.

が、臨床上使用する範囲内では問題にならない領域と考えられる。また、両装置とも各レンジ間での指示値は比放射能濃度に対応して良好であった。放射エネルギーが少なくなると統計的バラツキが大きくなるのは当然である。

3.3. ウェル内感度分布

ウェルの軸方向をZ軸として、ウェルの軸を直交する二平面を仮定し、X面、Y面とした。この両面内のいろいろな位置で、感度分布を求めるために、ウェルの上部

から底部まで1 cm 間隔で測定した。線源は、Tc-99m を5 mm×2 mmφの容器に密封して、それぞれの位置で指示値を求め、ウェル内中心軸上最高感度部を1.0とした (Fig. 3)。

ウェル内の感度分布は Fig. 3 に示すように装置(a), (b)ともに、ウェルの底部ほど感度が高く、線源が上方にいくにつれて感度が低下した。装置(c)では最高感度位置がウェルの底部から5 cm 上方にあり、線源位置が上下にずれるに従い、Fig. 4 に見られるような感度の低下があった。なおウェルの上部は最高感度部の0.5以下の指示値であった。また装置(a), (b), (c)とも、ウェルの側壁に近づくほど感度は上昇し、3台の装置ともにX, Y両面の間に、わずかな感度分布の相違が見られるが、特別にある方向に偏っていることはない。また、X, Y両断面で中心軸上の感度は一致するはずであるが、使用した線源は長さ5 mm であり、壁方向に用いたことによる測定誤差と考えられる。

3.4. 真の値を指示する深さ

Tc-99m では検定した試料が得られないので、既知放射エネルギー (a 装置では85 μ Ci, b 装置では98 μ Ci) の線源, I-131 カプセルを用い、ウェルの中心軸上において深さを変え、その指示値から、真の値を示すウェル内の位置

Fig. 3 Sensitivity distribution of well chamber calibrators to Tc-99m.

Fig. 4 Relative response of well chamber calibrators to Tc-99m sample, normalized to the maximum readings. (a), (b) and (c) represent IGC-1b, IGC-1 and IGC-2 calibrators respectively.

Fig. 5 Relation between the position of I-131 sample and sensitivity of central axis for ionization well chamber.

を求めた (Fig. 5). すなわち(a)装置では底部より 11.2 cm, (b)装置では 5.6 cm の位置で放射エネルギーと指示値が一致した。

次にこの結果を Tc-99m に適用するため, 上記で求めた感度分布と Tc-99m の感度分布を比較したところ, ほぼ同一の傾向を示した. そこで Tc-99m の感度分布を, 上記で得た位置を基準とした感度分布に換算し, Fig. 6 に示した. これは試料がおかれた位置での指示値と真値との比を示すものである。

3.5 指示値の経時変化

両装置に通電後10分間以上ウォーミングアップした安定状態で, 3カ月間1週おきに指示値の変動をしらべた (Fig. 7).

この時の線源は Se-75 を用い, 測定位置はウェルの底部より 4 cm 上方で, 物理的減衰率の補正を行ない図示した. 指示値は装置(a)で $85.8 \pm 2.1 \mu\text{Ci}$, 装置(b)で $66.4 \pm 3.0 \mu\text{Ci}$ であった。

Fig. 6 Relation between the position of Tc-99m sample and sensitivity ratio of central axis for ionization well chambers.

Fig. 7 Variation of indicated activity of calibrators for three months.

3.6 バイアル, 注射器での感度

前項までの実験は, 小線源 (点線源) を用いたものであるが, 日常使用される時は, 容器, 液量ともにそれとは異なる. このような時の指示値の変化について, バイアルおよび注射器それぞれに専用の保持具を用い, 注射器の種類や液量を変えて検討した. Fig. 8 は Tc-99m の放射エネルギーを一定にして, 順次水を加え液量を増加させ指示値の変化を調べたものである。

これから明らかなように, 注射器で差が大きく, 最大 20% に達した. バイアルでは 5% 程度であった. これは液量による高さの変化での影響が大きく, 補正を考慮する場合が生ずると考えられる。

3.7 補正係数

上記実験で, 試料の測定位置と注射器の種類, バイアルの液量によって, 指示値の補正が必要であることがわかったので, われわれは(a), (b) 2 台の装置について, 実験 3.4, 3.6 から補正係数を求め Fig. 9 に示した。

アイソトープキャリブレーションの測定精度 (谷口・宮川・土井信・砂屋敷)

Fig. 8 Variation of sensitivity with volume of syringe and vial containing Tc-99m.

(a) and (b) represent IGC-1b and IGC-1 calibrators respectively.

Fig. 9 Relation between correction factors with volume of syringe and vial containing Tc-99m.

日常キュリーメータを使用する場合は、試料の液量がわかっているので、メータの指示値に Fig. 9 から求めた補正係数を乗ずることで真の放射エネルギーを求めることが出来る。

4. 考 察

購入してから数年を経ている電離箱式の同一機種 2 台およびシンチレーションタイプ 1 台の装置について、ウェル内の感度分布を検討した。空尾、小塚³⁾らも指摘し

ているように、注射器、バイアルの大きさ、液面の高さ、測定位置による幾何学的効率などにより、最大 20% 程度の誤差が生ずることが認められた。この原因はウェル内の感度分布が異なるためと考えられる。また、ウェルの形状が円筒であるため、感度分布の検討結果からもわかるように試料の直径による影響は比較的少なく、液面の高さによる影響が大きく、その補正が重要であることが明瞭である。また、同一メーカーの電離箱式同一機種でもウェル内の感度分布の状態が相違し、真の値を示す試料位置が異なった。2 台の装置の指示値の差は注射器で 20%、バイアルで 15% であった。このことは各装置によって、それぞれ校正の必要性を示唆している。

ウェル内感度分布の位置依存性について松平ら⁴⁾⁵⁾は、Tc-99m で 20%、I-131 で 4% であったと報告しているが、これは本実験結果より少なく、各々の装置によるウェル内の感度分布の相違によるものと考えられる。また、検出器にウェル形シンチレータを使用したデジタルキュリーメータ (IGC-2 型) についても同様な実験を行なったが、試料室内の感度分布は電離箱式に比較して改善されている (Fig. 4)。

次に装置の安定性については、装置(a)で $\pm 2.5\%$ 、装置(b)で $\pm 4.5\%$ の変動があり 3 カ月間に一定の傾向は見られず、またこの程度の変動は臨床利用に問題はないと考えられる。

キュリーメータを使用し、患者に投与する真の放射エネルギーを知るためには、核種選択回路の補正が正しく校正されていること¹⁾²⁾は重要であるが、それに加えて、試料の測定位置と注射器、バイアルの液量について、各装置での補正が必要であることがわかった。各々の装置、ここでは(a)、(b) 2 台の装置について補正係数を求め、図示した (Fig. 9)。

キュリーメータは液体、固体試料の放射エネルギーを簡単に測定出来る点では、利用価値の高い装置であるが、試料を測定する際に、検討したような誤差の要因を含んでいる。放射性同位元素の管理上、患者に投与する量を正確に知る事が重要であることから、個々の装置についての校正と定期的なチェック、補正が必要であると言える。

5. 結 論

電離箱式同一機種 2 台について、(1)指示値の安定に要する時間、(2)比放射能濃度依存性、(3)ウェル内感度分布、(4)真の値を指示する深さ、(5)指示値の経時変化、(6)バイアル、注射器での感度、等について検討した結果、注射器、バイアルの液量による液面の高さの変化による影響

が大きく、注射器で最大20%、バイアルで5%の誤差が、また、2台の装置間での指示値の差は、注射器で20%、バイアルで15%であった。そのため、補正が必要であることがわかったので、われわれは(a), (b) 2台の装置について補正係数を求め、Fig. 9 に示した。

日常キュリーメータを使用する場合は、試料の液量がわかっているので、メータの指示値に Fig. 9 から求めた補正係数を乗ずることで真の放射エネルギーを求めることが出来る。

誤差の主な原因は感度分布の不均一によるものであり、電離箱の電位分布の改善が重要になるが、これは電離箱容積を大きくすることで改善されよう。また、測定器の設置場所の線量率が試料の測定値に付加されることで測定器の遮蔽なども考慮されようとしている。これらを含め将来全く補正を必要としない装置が望まれる。

本実験の機会を与えていただいた広島大学医学部附属病院放射線部佐々木正博講師、ならびに加藤良隆助手に深く感謝します。またご校閲いただいた広島大学原爆放射能医学研究所竹下健児教授に心からお礼申し上げます。

本論文の一部は第32回日本放射線技術学会総会 (1976,

5, 福島) 及び第17回日本放射線技術学会中四国部会 (1976, 10, 松山) で発表した。

文 献

- 1) Suzuki, K., Suzuki, M. N. and Weis, A. M.: Analysis of a Radioisotope Calibrator. J. Nucl. Technol. 4, 193-198, (1977).
- 2) Hare, D. L., Hendee, W. R., Whitney, W. P. and Chaney, E. L.: Accuracy of Well Ionization Chamber Isotope Calibrators. J. Nucl. Med. 15, 1138-1141, (1974).
- 3) 杵尾 昭, 小塚繁信: 固体, 液体用電離箱による RI 試料の放射能測定, Radioisotope. 12, 419-422, (1963).
- 4) 松平正道, 山田正人, 久田欣一: ラジオアイソトープドーズキャリブレーションの性能の基礎的検討とその問題点について, 核医学, 15, 164, (1978).
- 5) 松平正道, 松本 進, 辻井秀夫, 山田正人: ドーズキャリブレーションの感度校正法の検討, 日放技学誌, 33, 647, (1977).

社団法人 日本放射線技術学会賛助会員

"羽衣"ハイシリーズ 放射線障害防護用品

羽衣アコーデオン防護衝立(伸縮式)

◀ サイズ

高さ 1950 mm
巾 1450 mm

◀ 鉛当量

0.25 mm Pb
0.35 mm Pb
0.5 mm Pb

従来のライトブルー

0.14 mm Pb
0.21 mm Pb
0.28 mm Pb
もあります。

羽衣防護衣シリーズ

▲ 羽衣 H A 型

鉛当量 0.25 mm Pb
0.35 mm Pb

▲ 羽衣 H C 型

鉛当量 0.25 mm Pb
0.35 mm Pb
0.5 mm Pb

放射線障害予防衣のパイオニア

株式会社 **マイタ**

〒113 東京都文京区本郷3-11-10

電話 03(811) 7 3 1 5 (代表)