放射性医薬品静注後の注射器内残留放射能について†

三枝健二, 有水 昇, 中田常男*, 遠山春男*, 椎名 勇*

千葉大学医学部放射線医学教室 280 千葉市亥鼻1-8-1

*松戸市立病院放射線科 271 千葉県松戸市上本郷4005

1980年1月28日受理

Key Words: residual activity, disposable syringe, radiopharmaceuticals, waste disposal

1. はじめに

核医学診療施設から出される放射性廃棄物（以下廃棄物と略す）は、不燃性のディスポ注射器および使用済み小びん（バイアル）が多い。これら不燃性廃棄物中の残留放射能を正しく評価するには、個々の廃棄物について廃棄のつど放射能測定すればよいが、日常の核医学診療でこれを行うことは容易でない。したがって、ある期間の廃棄物についてそれぞれ残留放射能を測定し、廃棄物全体の残留放射能を推定できれば、保管廃棄物中の放射能をある程度正確に把握することができよう。そこで、今回その一端として日常行われている核医学診療の場で、放射性医薬品の静注に使用されたディスポ注射器（以下注射器と略す）を対象に、比較的長期間にわたり注射前後の放射能を測定し、注射器に残存する放射能の割合が注射条件（注射筒、針の種類、注射液量、放射性医薬品の種類等）の違いで、どのように分布しているかを検討したので報告する。

2. 実験方法

測定データの統計的精度を高めるため、できるだけ測定件数は多いほうがよい。今回は、一応測定件数1,000件を目標に、昭和54年6月下旬から10月末までのおおよそ130日間に松戸市立病院でアイトソープ検査に使用した注射器（テルモ社製）を対象とした。使用注

射筒は1, 2.5, 5 および10mlの4種、注射針は主として23G×1であるが、一部22G×1½, 21G×1½も含まれている。放射能の測定にはアロカ製キュリーメータ(IGC-2C型)を使用し、各種放射性医薬品静注前後の注射器内放射能を測定した。これから注射器に残存する放射能の割合（放射能残留率）を算出した。なお、注射はすべて医師まかせて、とくにテクニック上の違いは考慮していない。データ収集期間中に測定し得た注射器は909本（全使用件数の約9割）である。また、使用放射性医薬品は^{99m}Tc製剤が主で、その他、¹³¹I-ヒップラン、⁶⁷Ga-クエン酸ガリウム、⁷⁵Se-セレンメチオニン、²⁰¹Tl-塩化タリウム、¹³¹I-アドステロールである。

3. 実験結果

3・1 使用注射器の内訳

測定した注射器の種類および数量を表1に示す。測定総数909本のうち、1mlおよび2.5ml注射器がそれぞれ38%, 36%で、総数のはほぼ¾(74%)をしめている。また、核種別ではやはり^{99m}Tcが総数の約¾(76%)と最も多く、残りは¹³¹Iの12%を除きいずれも10%以下と少ない。

3・2 注射器容量と残留率

1, 2.5, 5 および10mlの全注射器について求めた残留率を図1に示す。横軸は2%ごとに区切った残留率を、縦軸はその頻度数である。残留率の全平均は9.8±9.4%であるが、分布がかたよっているため注射器別に残留率の平均を求めた。これではやはり容量の小さい1ml注射器が17.8±8.3%と最も高く、ついで2.5ml 5.7±5.8%, 5ml 4.0±6.8%と容量が大きくなるにつれ残留率は低下し、10ml注射器では平均2.1±1.3%

† Residual Activity in Syringes after the Injection of Radiopharmaceuticals. Kenji SAEGUSA, Noboru ARIMIZU, Tsuneo NAKATA*, Haruo TOHYAMA* and Isamu SHIINA*: Department of Radiology, Chiba University School of Medicine, 1-8-1, Inohana, Chiba-shi, Chiba 280, *Department of Radiology, Matsudo City Hospital, 4005, Kamihongo, Matsudo-shi, Chiba 271.

表 1 使用注射器の内訳

Nuclide Syringe	^{99m}Tc	^{131}I	^{67}Ga	^{75}Se	^{201}Tl	Total
1 ml	245	104				349 (38%)
2.5 ml	243	8	49	6	20	326 (36%)
5 ml	148	1	11	20	2	182 (20%)
10 ml	52					52 (6%)
Total	688 (76%)	113 (12%)	60 (7%)	26 (3%)	22 (2%)	909(100%)

図 1 全注射器の残留率分布

図 2 残留率の累積度数分布百分率曲線

と最も低い。また、残留率の分布を見ると、過半数(51%)は残留率6%未満であるが、その大部分は容量2.5 ml以上の注射器である。残る49%は残留率6%から最大63%まで分布しており、とくに小容量の1 ml注射器の分散が著しく大きい。図2は各種注射器での残留率を百分率での累積度数分布として示したもので、これから明らかなとおり、2.5, 5, 10 mlの各注射器では残留率10%未満が90%以上をしめているのに対し、1 ml注射器では12% (曲線 1 ml total) にすぎない。そして、 ^{99m}Tc (○印) では残留率22%, ^{131}I (×印) では残留率36%まで含めないと90%に至らない。

3.3 使用放射性医薬品と残留率

注射器容量の違いで残留率が異なることは前節に示したとおりであるが、さらに、同一容量の注射器で使用放射性医薬品が違う場合の残留率の差異について調べた。

3.3.1 1 ml注射器について 図3は1 ml注射器での残留率分布を示すが、総数349の使用内訳は ^{99m}Tc 70.2%, ^{131}I 29.8%である(表1)。残留率の平均は前者が $15.3 \pm 6.3\%$ 、後者はアドステロールの2件を除きすべてヒップランで、その平均は $23.9 \pm 9.7\%$ と前者より高い。これは統計的にも危険率5%で有意であった。図2でも明らかなとおり、 ^{99m}Tc 製剤と ^{131}I -ヒップランでは異なった累積度数分布を示しており、後者の残留率がかなり広範囲に分布していることから推察できる。 ^{99m}Tc の残留率をさらに標識化合物別にみると、それぞれの平均残留率は表2に示すとおり、MAAを除く6種の放射性医薬品は10から17%台であり大きな差は認められないが、MAAは $24.6 \pm 8.5\%$ と高値を示し、統計的にも有意差が認められた。

3.3.2 2.5 ml注射器について 総数326でその使用内訳は ^{99m}Tc (74.5%) が最も多く、ついで ^{67}Ga (15%), ^{201}Tl (6.1%), ^{131}I (2.5%) および ^{75}Se (1.9%) の順となっている(表1)。 ^{99m}Tc を除く他核種の使用件数が少ないが、各核種での平均残留率は ^{131}I ($13.4 \pm 7.6\%$) と ^{99m}Tc ($6.1 \pm 6.2\%$) が他核種に比べやや高値を示している(表2)。 ^{99m}Tc を標識化合物別にみると、MAA, Sn-コロイドの2種が高い傾向を示し、その他の標識化合物ではあまり差は見られない。 ^{131}I および

図 3 1 ml注射器の残留率分布

表 2 各種注射器の標識化合物別平均残留率

Nuclide	Compound	Mean of residual activity rate (%)							
		No.	1 ml	No.	2.5ml	No.	5 ml	No.	10ml
^{99m} Tc	TcO ₄ ⁻	43	13.9±4.1	99	4.8±4.5	86	3.3±2.7	35	2.0±1.1
	Phytate	96	14.7±4.4	50	5.0±1.7	5	3.6±4.2		
	DMSA	91	16.0±7.3	17	7.7±3.0	1	1.4		
	MDP	4	10.8±2.9	46	6.3±9.7	37	2.4±1.4	15	2.0±1.2
	HSA	1	10.7	9	5.9±3.3	12	3.3±1.7	2	4.9±2.9
	MAA	6	24.6±8.5	7	17.3±8.8	2	46.9±5.0		
	Sn-colloid			10	12.7±6.9	4	6.6±6.4		
	HIDA	4	17.1±9.1	5	7.3±2.6	1	63.4		
	(Total)	245	15.3±6.0	243	6.1±6.2	148	4.2±7.5	52	2.1±1.3
¹³¹ I	Hippuran	102	24.2±9.6	8	13.4±7.6				
	Adosterol	2	9.0±0.2			1	2.0		
⁶⁷ Ga	Citrate			49	3.3±1.9	11	2.7±1.4		
⁷⁵ Se	Selenomethionine			6	4.1±1.7	20	3.7±2.1		
²⁰¹ Tl	Tl-chloride			20	4.6±3.1	2	3.5±0.3		
(Total)		349	17.8±8.3	326	5.7±5.8	182	4.0±6.8	52	2.1±1.3

^{99m}Tc 以外の 3 核種は平均残留率がいずれも 5 % 未満と小さく、統計的にも危険率 5 % で有意であった。

3・3・3 5 ml 注射器について 総数182でその使用内訳は ^{99m}Tc(81.3%), ⁷⁵Se (11.0%), ⁶⁷Ga(6.0%), ²⁰¹Tl (1.1%), および ¹³¹I (0.6%) の 5 核種である(表 1)。2.5ml 注射器と同様、^{99m}Tc の件数が圧倒的に多い。平均残留率は核種別にみても、1 ml, 2.5ml 注射器より明らかに減少しているが、^{99m}Tc はやはり一部の標識化合物で残留率に差が見られる(表 2)。40%以上の残留率を示した標識化合物は MAA 2(43.4%, 50.5%) と HIDA 1(63.4%) の 3 件であったが、MAA はやはり高い傾向にある。^{99m}Tc を除く 4 核種の平均残留率は 2 ~ 3 % 台と低い。

3・3・4 10ml 注射器について 総数 52 と少ないが、これには静注以外に標識化合物調製のさいに使用した注射器も一部含まれている。使用核種はすべて ^{99m}Tc で、その内訳は TcO₄⁻(67.3%), MDP(28.9%) および HSA (3.8%) である。これらの平均残留率は容量の小さい注射器に比べ全般に小さい(表 2)。HSA は 4.9±2.9% とやや高いが、件数が少なく統計的有意差は認められない。

以上、使用放射性医薬品と残留率の平均を比べると核種の違いによる残留率の差はあまり認められない。ただ、¹³¹I-ヒップランおよ

び ^{99m}Tc-MAA, Sn-コロイドなど一部残留率の比較的大きい標識化合物があるので、厳密には標識化合物ごとに評価する必要がある。

3・4 注射器容量と注射液量

同一容量の注射器を使用しても、実際に静注する液量は異なる。そこで各容量の注射器ごとに注射液量の分布を調べた(図 4 ~ 7)。1 ml 注射器は ^{99m}Tc 製剤と ¹³¹I-ヒップランの使用がほとんどで、その液量分布は図 4 のようになる。横軸は 0.1 ml ごとの液量増加を、縦軸はその頻度数である。黒塗りが ¹³¹I-ヒップラン、

図 4 1 ml 注射器での注射液量分布

白抜きが ^{99m}Tc で、総数349の約 $\frac{3}{4}$ (77%) は0.2~0.5ml台の液量を使用している。残りの $\frac{1}{4}$ が0.1ml台および0.6~0.9ml台である。これを核種別にみると、 ^{131}I -ヒップランでは約 $\frac{3}{4}$ (75.5%) が0.1~0.3ml台、残る $\frac{1}{4}$ が0.4~0.6ml台となっているのに対し、 ^{99m}Tc では $\frac{3}{4}$ 強 (77.9%) が0.3~0.6ml台でしめられており、2核種で液量に若干の差が見られる。また、 ^{99m}Tc を標識化合物別にみると、やはり液量に若干の傾向が伺われる。2.5ml注射器では ^{99m}Tc 製剤と ^{99m}Tc 以外の核種とは少し傾向が異なる。図5の白抜きは ^{99m}Tc 製剤(全体の74.5%)、破線囲みがその他の核種(同25.5%)であるが、前者は1.0~1.5ml未満を中心に広い範囲の液量分布であるのに対し、後者は1.5~2.5ml未満が多く(約8/9)使われ、核種による液量の使用傾向がみられる。5ml注射器では2.5ml注射器同様、 ^{99m}Tc 製剤(白抜き)と ^{99m}Tc を除く他核種(破線囲み)に分けてあるが、総数182の $\frac{3}{4}$ 弱(72.5%)は2.0~3.0ml台が使用されている(図6)。10ml注射器では6~7ml台が約半数(46%)をしめ、残りは4~5ml台と8~10mlにまたがって、比較的液量の多いところで使われている(図7)。

3・5 注射液量と残留率

同一容量の注射器による残留率は前節での注射液量が大きく関与すると考えられる。そこで、各種容量の注射器について、核種あるいは標識化合物別に注射液量と残留率の分布を求めた。図8~図10は1ml、2.5ml、5mlの各注射器による ^{99m}Tc 総数での分布を示すが、残留率は注射液量の増加とともにいずれも逓減している。2.5ml注射器(図9)では、MAA、Sn-コロイドなど一部の標識化合物で高い残留率を示しているが、それらを除けば、各注射液量での平均残留率はさらに低下する。表3は標識化合物別に注射液量ごとの平均残留率をまとめたもので、なかには使用件数が著しく少なく、極端な値を示しているものもあるが、液量の増加による残留率逓減の傾向は把握できる。その他の欄はMAA、Sn-コロイドなど使用件数の少ないものを1つにまとめたので傾向はみられない。しかし、 ^{99m}Tc または ^{131}I の総数でみた場合、残留率の平均は

図5 2.5ml注射器での注射液量分布

図6 5ml注射器での注射液量分布

図7 10ml注射器での注射液量分布
明らかに逓減している。

4. 考 察

注射器の残留放射能は主として注射器先端およびそこに連結した注射針に付着していると考えられる。したがって、注射器先端部の形状(内径、長さ)、注射針

図 8 1 ml注射器での注射量と残留率分布

図10 5 ml注射器での注射量と残留率分布

図 9 2.5ml注射器での注射量と残留率分布

のゲージが異なれば残留放射能は変化する。これらが一定していれば、残留率は注射量にほぼ逆比例するとみなせる。それゆえ、注射量が多ければ当然残留率は低下するはずである。しかし、必ずしもこのとお

りの結果とはならない。これは容量の大きい注射器に太い注射針を使用した例とか、血液の逆流がはっきりつかめないという理由で23Gの細い注射針をさける医師もあって、太い静脈針を使用した例などあるためと考えられる。今回の一連の測定では主として23Gの比較的細い注射針を使用してきたが、これを太い静脈針(22G, 21G)にすると針内の残留量は23Gの1.5～2.3倍に増える計算となる。また、標識化合物によっては、たとえばMAAとかSn-コロイドのような粒状性の場合、注射器に附着しやすい性質があるためか、残留率は一般に高い傾向を示す。MAAについては高橋らの報告¹⁾でも高値を示している。また、注射のさい、血液による1回洗浄(パンピング)した例ではがいして低い残留率を示している(図8～9の・点付)。このような注射操作の配慮で残留率はかなり軽減しているので、ボラス注入等の必要がないかぎり、正しい投与量を与えるためにもパンピングを行ったほうがよい。廃棄物処理では当然放射能の絶対量が問題となる。同一残留率の注射器であっても、その残留量はおのずと異なる。しかし、各注射条件による残留率が把握できれば、残留放射能を合理的に推定することは可能である。ただ、廃棄保管する段階ではあまり細かく分類されないで、残留放射能を全体として評価する場合は残留率の上限をどこに抑えるかが問題

表 3 各種標識化合物の注射液量別平均残留率

Mean of residual activity rate (%)

Syringe size	Injection volume(ml)	^{99m} Tc										¹³¹ I	
		No.	Phytate	No.	DMSA	No.	TcO ₄ ⁻	No.	Others	No.	Total	No.	Hippuran
1 ml	0.1~			1	52.7					1	52.7	22	33.1±9.8
	0.2~	3	21.2±0.4	16	20.0±8.2	1	19.0	1	28.8	21	20.5±7.4	21	26.1±9.5
	0.3~	31	17.8±3.5	17	16.0±6.5	2	11.3±5.5	2	26.9±10.2	52	17.4±5.4	34	20.9±5.3
	0.4~	23	14.1±3.2	25	15.7±3.4			1	36.2	49	14.7±5.2	8	22.2±8.4
	0.5~	24	14.3±2.5	20	15.1±5.5	30	15.2±3.3	1	10.7	75	14.5±4.1	9	18.6±8.6
	0.6~	4	9.6±3.3	6	14.4±3.5	1	9.5	4	15.5±4.0	15	13.1±4.1	8	23.1±7.9
	0.7~	9	9.9±2.3	1	13.3	6	10.4±4.3	4	13.4±7.0	20	10.9±4.1		
	0.8~	2	11.9±2.5	4	12.5±2.8			2	12.3±5.7	8	12.3±3.0		
	0.9~			1	4.1	3	8.5±0.7			4	7.4±2.3		
Syringe size	Injection volume(ml)	^{99m} Tc											
		No.	Phytate	No.	DMSA	No.	TcO ₄ ⁻	No.	MDP	No.	Others	No.	Total
2.5 ml	0 ~			1	11.4							1	11.4
	0.5~	8	5.9±1.5	9	8.4±2.5	5	7.4±2.1	3	36.0±24.9	8	9.3±7.1	33	10.4±11.0
	1.0~	31	5.1±1.6	7	6.3±3.2	33	6.1±6.7	18	5.4±2.3	10	10.8±4.4	99	6.2±4.6
	1.5~	10	4.1±1.3			25	4.7±3.2	17	3.8±1.7	6	13.7±10.7	58	5.3±4.9
	2.0~	1	2.1			33	3.4±1.9	8	2.7±1.2	7	10.4±8.6	49	4.2±4.3
	2.5					3	2.5±0.5					3	2.5±0.5
Syringe size	Injection volume(ml)	^{99m} Tc											
				No.	HSA	No.	TcO ₄ ⁻	No.	MDP	No.	Others	No.	Total
5 ml	0 ~									1	63.4	4	63.4
	1 ~			3	5.2±1.6	9	5.4±4.0	1	5.3	1	10.9	14	5.8±3.5
	2 ~			6	2.3±0.8	27	3.8±2.6	13	2.7±1.8	7	10.1±15.6	53	4.2±6.2
	3 ~			3	3.4±1.9	31	2.1±0.8	16	2.0±0.8	2	22.1±2.0	52	2.2±0.9
	4 ~					15	3.9±3.8	4	2.5±1.1	2	26.7±33.6	21	5.8±10.8
	5					4	2.3±1.0	3	1.7±0.8			7	2.0±0.9
10 ml	4 ~			2	4.9±2.9	7	3.0±2.0	4	3.1±1.3			13	3.3±1.9
	6 ~					16	1.8±0.5	8	1.8±1.1			24	1.8±0.7
	8 ~					11	1.7±0.6	1	1.0			12	1.7±0.6
	10					1	2.2	2	1.4±0.8			3	1.6±0.7

となる。内田ら²⁾は残留率の上限を10%としているが、今回のわれわれの測定では2.5ml以上の注射器にはあてはまるが、少なくとも1ml注射器では残留率が10%以下ということはない。1ml注射器をあまり使用しない施設では問題にならないが、比較的多く使用している施設では1mlと他の注射器とを分けて扱うことが必要と考える。この場合の上限は標識化合物により異なるが、30%と考えればよい。また、標識化合物の違いによる残留率の差異について、MAA¹⁾、Sn-コロイド²⁾、

DMSA²⁾などが高値を示したと報告されているが、本測定でもMAA、およびSn-コロイドの一部で明らかな高値が認められたことは既述のとおりである。しかし、DMSAについては他の標識化合物に比べてくに高いという結果は得られていない。残留率の高かったMAA、Sn-コロイドなどについては、注射のさいパンプを行うなどできるだけ残留率を下げるような操作が望ましい。

以上、注射器内に残存する放射能の残留率を各種注

射条件に分類して検討したが、2.5ml以上の注射器に比べ1ml注射器が22～36%と高値を示しているので、注射器の保管廃棄では使用量を1ml注射器とそれ以外の注射器とに分けて推定し、それぞれの使用量の30%および10%が保管廃棄設備に保管されと考えればよい。

5. ま と め

放射性医薬品の静注に使用するディスボ注射器について、比較的長期にわたり注射前後の放射能を測定し、注射器の放射能残留率を求めた。測定総数は909で、これから注射器容量、放射性医薬品、注射液量の違いによる残留率の傾向を把握した。その結果、2.5、

5、10ml注射器では各使用件数の90%以上が残留率10%未満であったが、1ml注射器では12%にすぎず、残留率22～36%（平均30%）まで含めないと90%以上にならなかった。放射性医薬品別ではMAA、Sn-コロイド使用の注射器にがいして高い残留率がみられた。同一容量の注射器では液量の増加とともに残留率は逡減する。

文 献

- 1) 高橋貞一郎，他：日本医放会誌，**37**（臨時増刊号），31（1977）
- 2) 内田勲，他：*Radioisotopes*，**27**，94～97（1978）