

## 《原 著》

## 99mTc による血球標識にかんする研究(第2報)

## —99mTc 標識赤血球による循環血液量の測定—

内田 立身\* 吉田 博\* 松田 信\* 木村 秀夫\*  
 三浦 信雄\* 油井 徳雄\* 田中鉄五郎\* 秋月 健\*  
 刈米 重夫\* 斎藤 勝\*\* 木田 利之\*\*\*

## はじめに

循環血液量の測定は、循環動態の観察、心不全の診断、血液疾患の鑑別診断、外科手術前後の管理など広い分野に応用され、現在まで  $^{131}\text{I}$  または  $^{125}\text{I}$  人血清アルブミン (RISA),  $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球などが用いられてきた<sup>1)</sup>。このうち血液学の分野では、循環血液量と同時に循環赤血球量を知ることが、貧血や多血症の診断に重要であることから、この目的には、Sterling らが<sup>2)</sup>  $^{51}\text{Cr}$ -sodium chromate を赤血球標識に導入して以来、 $^{51}\text{Cr}$  が広く用いられている。しかしながら、本法による循環血液量の測定には、 $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球投与後長くとも30分を要するのみであり、この測定のみのために、物理的半減期 27.8 日の  $^{51}\text{Cr}$  を用いることは、被検者に不必要な被曝線量を与えることになり、かつ、他の RI 検査の妨げにもなることから不合理であると言わざるを得ない。

Technetium-99 m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) を赤血球標識に応用する試みは、Fischer ら<sup>3)</sup>にはじまって多くの研究があり、当初低かった標識率も、最近の標識用キットの出現によって、90%にまで高められるようになってきた。私たちは、フランス原子力庁

(CIS) 製の  $^{99m}\text{Tc}$  赤血球標識用キットを用い、赤血球の標識を *in vitro* で検討したところ、平均 91.7% の標識率があり、*in vitro* 検討の範囲では、標識も安定しており *in vivo* の検索に十分用いうるとの結論を得た<sup>4)</sup>。そこで上に述べた  $^{51}\text{Cr}$  にかかる赤血球標識核種として、物理的半減期 6 時間の  $^{99m}\text{Tc}$  を用いて循環血液量の測定を試み、 $^{51}\text{Cr}$  によるそれと同程度の精度を得ることができたので、ここにその成績を報告する。さらに、 $^{99m}\text{Tc}$  法では少量の血液で高い放射能を得ることができる利点を応用して、実験小動物、マウスの循環血液量の測定を行なったので、その成績もあわせて報告する。

## 方 法

検査症例は、福島医大第一内科受診の外来患者、入院患者のうち、貧血、多血症、心疾患を有し、循環血液量の測定が診断上有用であるものに行った。

 $^{99m}\text{Tc}$  標識赤血球による循環血液量の測定法1.  $^{99m}\text{Tc}$  による赤血球の標識

$^{99m}\text{Tc}$  による赤血球標識法は、すでに報告した通りである<sup>4)</sup>。

ACD 液 0.5 ml を入れた注射器に患者血液 2 ml (貧血の強い場合は ACD 1 ml に血液 4 ml) を採血し、使用前に調整した還元用キット溶液 0.5 ml (CIS 製、TCK-11) を加え、5 分間室温に放置する。ついで、余分の Sn をふくむ溶液を遠沈して無菌的にのぞき、 $^{99m}\text{Tc}$  100  $\mu\text{Ci}$  で標識 (10 分) し

\* 福島県立医科大学第一内科

\*\* 福島県立医科大学 RI 研究室

\*\*\* 福島県立医科大学放射線科

受付: 52年4月20日

最終稿受付: 52年6月10日

別冊請求先: 福島市杉妻町 4-45 (〒 960)

福島医科大学第一内科 内田 立身

たのち、約 10 ml の生理的食塩水で洗滌、次に約 12 ml の生理的食塩水に浮遊させる。このうち、10 ml を正確に被検者に投与し、残りを標準用試料とする。

## 2. 血液試料の採取

標識赤血球投与後、10分、30分、60分および120分に被検者の血液 4 ml を、ヘパリンを抗凝固剤として採血する。採取血液は 2 ml ずつ正確に  $^{99m}\text{Tc}$  測定用試験管にとり、1本はそのまま、他の1本は生理的食塩水で洗滌し、2 ml の生理的食塩水浮遊液として保存した。標準用試料は、正確に 1 ml を 100 倍に稀釀し、その 2 ml を測定用試験管に移した。標準用サンプルは 2 本を用意した。

## 3. 試料の測定

$^{99m}\text{Tc}$  は  $t_{1/2} = 6$  時間で試料の放射能は減少していくので、測定は原則として検査当日に行つた。測定には、ダイナボット製 Auto Logic well counter を用い、標識時  $^{99m}\text{Tc}$  を約 100  $\mu\text{Ci}$  用いた場合、測定時に（標識より 4~5 時間後）、標準および血液試料で、 $10^3 \sim 10^4 \text{ cps}$  の放射能が得られ、counter の分解時間による数え落しを 2% 以下とし、かつ測定誤差を 1% 以内にするよう考慮して測定した。このさい、測定時間は、1 試料につき、10または30秒で十分であった。また、全測定時間は、counter の試料交換時間 1 サンプルあたり 5.5 秒を考慮しても最大 5 分以内で、 $^{99m}\text{Tc}$  の物理的減衰による誤差も 1.6% 以内であったので、特に補正は行わなかった。

## 4. 循環血液量の計算

各時間毎の血液試料の放射能を方眼紙にプロットし、直線を 0 分に延長して 0 分の放射能を求めた。 $^{99m}\text{Tc}$  標識赤血球による循環血液量 (CBV- $\text{Tc}_0$ ) は次の式で求められる。

$$\text{CBV-}\text{Tc}_0 = \frac{\text{標準試料の放射能} \times \text{投与量 (ml)} \times 100}{0 \text{ 分の血液試料の放射能}}$$

同様に 30 分後の血液試料の放射能を用いて循環血液量  $\text{CBV-}\text{Tc}_{30}$  も計算し両者を比較した。

## 5. 洗滌赤血球の放射能の測定

以上の全血 2 ml の放射能のほか、全血 2 ml を洗滌して得られた洗滌赤血球の放射能を、投与後

10分、30分、60分、120分で測定し、全血と洗滌赤血球の放射能を比較した。

## $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球による循環血液量の測定法

$^{99m}\text{Tc}$  標識赤血球より求めた循環血液量の正確度を吟味するため、同日または時期を違えて赤血球寿命を測定する症例を用い、 $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球により循環血液量を求めて両者を比較した（症例 1~6）。方法は従来より私たちが施行しているものに準じた<sup>5)</sup>。要約して記すと、ACD 4 ml に患者血液 16 ml を採血し、 $^{51}\text{Cr}$  約 100  $\mu\text{Ci}$  を加え 37°C で 30 分間ふ置する。終了後、アスコルビン酸 100 mg を加え、残余の  $^{51}\text{Cr}$  を除去するため生理的食塩水で 1 回洗滌し、上清をすて、生理的食塩水の浮遊液として約 1 ml を残して被検者に投与した。残りの 1 ml は正確に 100 倍稀釀して、その 2 ml を標準試料とした。投与後 30 分後に採血し、正確に 2 ml をとり測定用試料とした。 $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球による循環血液量 (CBV-Cr) は次の式により求められる。

$$\text{CBV-Cr} = \frac{\text{標準試料の放射能} \times \text{投与量 (ml)} \times 100}{30 \text{ 分後の血液試料の放射能}}$$

## $^{99m}\text{Tc}$ および $^{51}\text{Cr}$ 同時標識による循環血液量の測定

症例 7~14 においては、 $^{99m}\text{Tc}$  および  $^{51}\text{Cr}$  同時標識によって循環血液量を求めた。 $^{99m}\text{Tc}$  および  $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球をすでに記した方法によって作製し、投与前に両者をよく混和して 20~30 ml の赤血球浮遊液とした。その 1 ml を残し他を被検者に投与した。投与後、10分、30分、60分、120分および 24 時間に 4 ml を採血し、2 ml を全血の放射能測定用試料とし、他の 2 ml は生理的食塩水で洗滌して赤血球放射能の測定用とした。

試料の測定は、 $^{99m}\text{Tc}$  に対して 120 分までの試料と標準試料を当日に測定し、循環血液量を計算し、24 時間試料は、投与翌日に標準試料とともに測定し、いずれも  $^{99m}\text{Tc}$  の減衰を補正して、投与時における放射能に換算した。このさい、当日に測定した場合、 $\gamma$ -counter の  $^{99m}\text{Tc}$ -channel には、測定時間により 2.5~3.5% の  $^{51}\text{Cr}$  による cross counting があり、 $^{99m}\text{Tc}$  の減衰した 24 時間後には、

さらに35~45%の<sup>51</sup>Crのcross countingが認められた。測定にはその都度、標識に用いた<sup>99m</sup>Tcおよび<sup>51</sup>Crより標準試料を作製して、<sup>99m</sup>Tc-channelにおける<sup>51</sup>Crのcross countingによる補正係数を求め補正を行った。<sup>51</sup>Crの放射能の測定は投与後2日以降に行った。このとき<sup>51</sup>Cr channelへの<sup>99m</sup>Tcによるcross countingはほとんど認められなかつたので補正は行わなかつた。

循環血液量の計算は、すでに記した方法で行った。経時的に採血した血液試料の放射能は、補外法により0分の放射能を100%として表現し、グラフにプロットした。

#### マウス循環血液量の測定法

実験材料として、体重平均26.8 gm (25.4~29.8) の近交系マウスC3H 10週齢のもの9匹を用いた。心穿刺法によりマウス3匹より血液約2 mlを得て、すでに記した方法で、<sup>99m</sup>Tc標識赤血球を作製し、約2.0 mlの生理的食塩水浮遊液とした。その0.1 mlを各々9匹のマウスの尾静脈より静脈内に投与した。投与後約10分と60分目に血液0.05 mlをガラスキャビラーを用いて眼静脈叢より採血し、2点の全血の放射能より補外法により0分の放射能を求め、前記の式に従い、マウス循環血液量を計算した。

### 成 績

#### <sup>99m</sup>Tc標識赤血球による循環血液量の測定 (<sup>51</sup>Cr法との比較)

<sup>99m</sup>Tc標識赤血球による循環血液量の測定結果を、すでに確立されている<sup>51</sup>Cr法によるそれと比較してTable 1に示した。<sup>99m</sup>Tcによる循環血液量(CBV-Tc<sub>0</sub>)を、<sup>51</sup>Crによる値(CBV-Cr)を100%として表現すると、全症例を通じて104.6±1.6% (平均±標準誤差(SEM))で、<sup>99m</sup>Tcによる方が高く計算された。Fig. 1は両者の関係を図示したもので、両者間には有意の相関を認めた( $r=0.98$ ,  $p<0.01$ )。また<sup>99m</sup>Tc投与後30分の血液試料放射能より求めたCBV-Tc<sub>30</sub>は、CBV-Crにくらべて109.6±2.9% (M±SEM)で、CBV-Tc<sub>0</sub>よりも多く計算された。両者の関係は、Fig. 2の通

Table 1 Determination of Circulating Blood Volume (CBV) Using <sup>99m</sup>Tc RBC and <sup>51</sup>Cr RBC

Case	CBV-Tc <sub>0</sub>		CBV-Tc <sub>30</sub>		CBV-Cr in ml
	in ml	% to CBV-Cr	in ml	% to CBV-Cr	
1	3775	100	3826	101	3791
2	3912	100	4100	105	3922
3	4916	107	5019	109	4610
4	4873	115	4873	115	4228
5	3400	101	4035	119	3370
6	3721	115	4479	139	3230
7	2306	103	2422	108	2249
8	2930	110	3047	114	2729
9	2627	97	2891	107	2701
10	2291	107	2285	107	2145
11	4485	109	4497	109	4115
12	3238	102	3238	102	3188
13	2621	100	2621	100	2613
14	2793	99	2793	99	2817
Mean		104.6		109.6	
±SEM		±1.63		±2.85	

CBV-Tc<sub>0</sub>=

$$\frac{\text{Radioactivity of standard} \times \text{Volume injected} \times 100}{\text{Radioactivity of post-injection sample (at 0 time)}}$$

CBV-Tc<sub>30</sub>×

$$\frac{\text{Radioactivity of standard} \times \text{Volume injected} \times 100}{\text{Radioactivity of post-injection sample (at 30 min.)}}$$

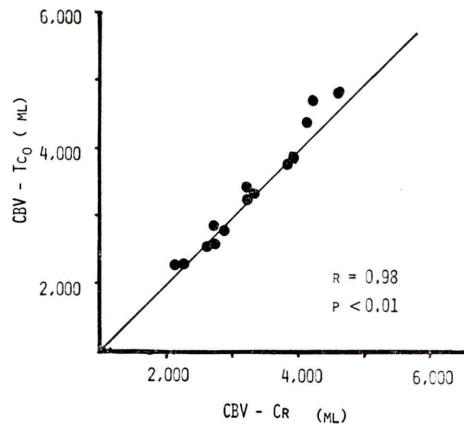


Fig. 1 Relationship between circulating blood volume from <sup>51</sup>Cr-labeled and <sup>99m</sup>Tc-labeled red cells. Radioactivity at  $t_0$  was used in the calculation of <sup>99m</sup>Tc method. Significant correlation was noted between them.

りで、CBV-CrとCBV-Tc<sub>30</sub>の間には、有意の相関があるが、CBV-CrとCBV-Tc<sub>0</sub>の間の相関は

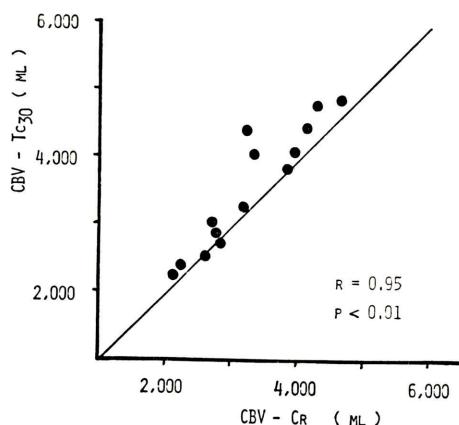


Fig. 2 Relationship between circulating blood volume calculated from  $^{51}\text{Cr}$  and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  method, in which radioactivity 30 minutes after injection was used. Significant correlation was noted between them.

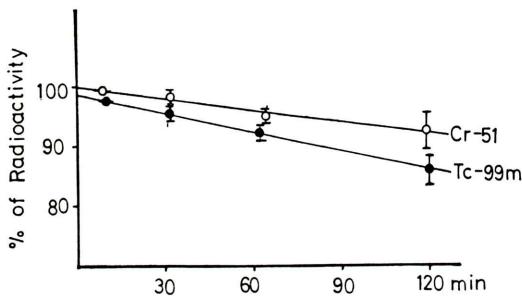


Fig. 3 Blood  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  and  $^{51}\text{Cr}$  radioactivity. Each point represents percent of activity at  $t_0$ . Vertical bars represent 1 SEM for 14 individual determination.

ど程度は強くなかった ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ )。また、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  と  $^{51}\text{Cr}$  を同時に投与した症例 7~14 では、CBV-Tc<sub>0</sub> は CBV-Cr に対し  $103.4\pm 1.7\%$ , CBV-Tc<sub>30</sub> は CBV-Cr に対し  $105.8\pm 1.8\%$  で、各々 3.4%, 5.8% 多く計算された。

Fig. 3 は、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  および  $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球を投与後の消失曲線を示す。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  標識血液の方が、 $^{51}\text{Cr}$  のそれよりも早く減少していることを示している。そして、投与後 2 時間および 24 時間後の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  標識赤血球における放射能の減少は、 $^{51}\text{Cr}$  のそれに比し大で、24 時間後では、推計学的に有意の減少を認めた ( $p<0.01$ ) (Table 2)。次に、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  標識赤血球投与後、各時間における血液 2 ml と、血

Table 2 Elution of RBC-bound  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  in Vivo

Time	% of RBC-bound activity at $t=0$	
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$^{51}\text{Cr}$
30 min	$95.7\pm 1.7$ (14)	$98.9\pm 0.6$ (14)
2 hrs	$86.3\pm 2.3$ (14)	$92.3\pm 2.9$ (14)
24 hrs	$59.7\pm 2.6$ (6)	$89.8\pm 6.6$ (6)

Mean of percent activity  $\pm$  SEM

Number in parentheses, patients investigated in each group.

\* significant difference between  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  and  $^{51}\text{Cr}$  ( $P<0.01$ ).

Table 3 Comparison of Radioactivity between  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -labeled Blood and Red Cells in the Circulating Blood

Time (min)	% of radioactivity at $t=0$	
	Blood	Red Cells
10	$98.3\pm 0.4$	$98.3\pm 0.6$
30	$95.7\pm 1.7$	$95.3\pm 1.8$
60	$92.8\pm 1.3$	$92.3\pm 1.5$
120	$86.3\pm 2.3$	$86.7\pm 2.6$

Mean of percent activity  $\pm$  SEM for 14 individual determination.

液 2 ml を洗滌して得られる赤血球浮遊液の放射能を比較したところ、両者間には推計学的有意差は認められなかった (Table 3)。

#### マウス循環血液量の測定

C3H マウス 10 週齢 9 匹の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  標識赤血球による循環血液量の測定成績を Table 4 に示した。9 匹の平均で、 $1.70\pm 0.06$  ml, 体重 (gm) の  $6.35\pm 0.18$  % が得られた。

Table 4 Circulating Blood Volume (CBV) in the Mouse

Animal No.	CBV (ml)	CBV/B.W. (%)
1	1.56	6.0
2	1.82	6.8
3	1.35	5.3
4	1.66	6.0
5	1.83	6.9
6	1.94	6.5
7	1.78	6.8
8	1.82	6.6
9	1.57	6.2
Mean $\pm$ SEM	$1.701\pm 0.062$	$6.35\pm 0.18$

B. W.: body weight (gm)

## 考 案

<sup>99m</sup>Tc を用いた循環血液量の測定は、以前に、赤血球標識のさい  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を還元剤として用いた Korubin<sup>6)</sup>, Hegde<sup>7)</sup>, Eckelman<sup>8)</sup>, Schmidt<sup>9)</sup> らの報告があるが、赤血球標識率が低く、それだけ分多くの <sup>99m</sup>Tc を用いる必要があった。今回、私たちは、さきの *in vitro* での報告<sup>4)</sup>にもとづき、CIS 製赤血球標識用キットを用いて循環血液量の測定を行ったが、平均 91.7% の高い標識率のもとでの循環血液量測定の報告は、私たちの調べた範囲では、CIS 製本キット作製のもとになった Du-cassou, Bardy らのフランスからのものである<sup>10)</sup>。<sup>99m</sup>Tc 標識赤血球による循環血液量測定の精度を、現在最も標準的とされている <sup>51</sup>Cr 法と比較した。<sup>99m</sup>Tc 標識赤血球は *in vivo* において、*in vitro* でみられる以上の elution がみられたので、数回の採血を行い、補外法により 0 分における赤血球の放射能を求めてから計算を行った。その場合、<sup>51</sup>Cr 法に比して 4.6% 多く計算され、<sup>99m</sup>Tc 標識赤血球投与後 30 分の放射能を用いて計算すれば、循環血液量は平均 9.6% 多くなった。ただし、この症例中には、後に述べる後天性溶血性貧血症例 (Case 6) をふくんでいる。しかしながら両者間に有意の誤差はなく、相関係数 0.98 ( $p < 0.01$ ) であり、補外法を用いれば大略 5% 以内の誤差で循環血液量を算定することができると推論される。

<sup>99m</sup>Tc による循環血液量が多く計算されるのは、<sup>99m</sup>Tc の赤血球よりの elution が 2 時間で 13%，24 時間で 41% 程度と <sup>51</sup>Cr に比して著しく多いためと思われる。この数字は私たちが *in vitro* で plasma に浮遊せしめたとき得られた 2 時間で 6%，24 時間で 11% より大きく、*in vivo* においてはさらに elution が著しくなるものと思われる。このように *in vivo* において <sup>99m</sup>Tc 標識赤血球の放射能が <sup>51</sup>Cr に比して早く減少する理由は、現在、定かではないが、次の諸点もその理由の中にふくまれるであろう。1 つは標識血球が plasma に曝露されることで、plasma の存在は <sup>99m</sup>Tc 標識の

さいの標識率を下げ、かつ elution がみられることは、私たちがすでに指摘したところである<sup>11), 12)</sup>。第 2 は、標識用キットにふくまれる  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  に障害作用のあることは、大量の  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を用いるのみで、障害血球による脾シンチグラフィーが撮れるという報告からも明らかであり<sup>13)</sup>、また今回の検索で私たちも、後天性溶血性貧血症例 (Table 1 の Case 6) で、<sup>51</sup>Cr 法では支障なかったにもかかわらず、<sup>99m</sup>Tc 標識操作で赤血球の溶血をきたした。この例においては、循環血液量が <sup>51</sup>Cr の 115%，30 分値を用いると実に 139% と多く計算されている。

以上のように、<sup>99m</sup>Tc 標識赤血球は <sup>51</sup>Cr のそれよりも elution が著しいが、全血と赤血球の放射能は各時間において差はなく、elute された <sup>99m</sup>Tc は直ちに排泄され、再利用されることはないと考えられる。

<sup>99m</sup>Tc による循環血液量の測定においては、<sup>99m</sup>Tc の elution があることにより、3~4 回採血して赤血球減少曲線を求めて、補外法により  $t_0$  の放射能を求めることが必要となるが、<sup>99m</sup>Tc および <sup>51</sup>Cr 同時標識により測定した CBV-T<sub>30</sub> は CBV-Cr より 5.8% 多いという成績 (症例 7~14) から、時を違えて測定した症例 1~5 において CBV-T<sub>30</sub> を補正係数 1.058 で除すことにより求めた循環血液量の補正值を CBV-Cr と比較したところ、103.8  $\pm$  3.6% (M  $\pm$  SEM) の成績を得た。したがって、1 回の採血のみで補正係数により補正して、より正しい循環血液量を求めることが可能である。

<sup>99m</sup>Tc が <sup>51</sup>Cr に比して優れている理由の 1 つは、被検者がうける被曝線量が少ないとある。国際放射線防護委員会の表<sup>14)</sup>より計算すれば、いずれも 100  $\mu\text{Ci}$  を用いたときの全身および脾のうける線量は各々 <sup>99m</sup>Tc 法で、1~1.4 mrad, 100 mrad, <sup>51</sup>Cr で 25 mrad, 2000 mrad となり <sup>99m</sup>Tc 法が約 1/20 である。また <sup>131</sup>I-RISA 10  $\mu\text{Ci}$  を用いたさいは、全身で 3~4 mrad で、<sup>99m</sup>Tc 法が 1/3~1/4 となる。他方、術者側の受ける線量は、操作時間がともに 30~40 分、100  $\mu\text{Ci}$  を取扱うとして、<sup>99m</sup>Tc 法で、0.004 mr, <sup>51</sup>Cr で 0.01 mr となり、<sup>99m</sup>Tc 法

は  $^{51}\text{Cr}$  法の 2/5 倍と計算される。これには、 $^{99m}\text{Tc}$  赤血球標識用キットを用いることにより 90% 以上の標識率が得られるので、旧来の  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を用いる方法よりも標識に用いる  $^{99m}\text{Tc}$  量を少なくしてもよいことも関係している。

$^{99m}\text{Tc}$  法は標識に用いる血液が  $^{51}\text{Cr}$  の 1/10 でよく、また少量の血液で高い放射能が得られる。このことは、小児科領域や実験室において実験小動物の循環血液量を知るのに有用である。私たちは、本法を応用して、C3H 10 週齢マウスの循環血液量を求めたが、その成績は  $1.70 \pm 0.06 \text{ ml}$  (体重 (gm) の  $6.35 \pm 0.18\%$ ) で、これは Boggs ら<sup>15)</sup> が  $^{59}\text{Fe}$  標識赤血球を用いて測定した値  $1.71 \text{ ml}$  ( $1.69 \sim 1.80 \text{ ml}$ ) や Oakley<sup>16)</sup> の体重 (gm) の  $6.32\%$  とした値によく一致している。

循環血液量の測定に  $^{99m}\text{Tc}$  を用いることの利点は次の事項が考えられる。

- 1)  $^{51}\text{Cr}$  に比して患者に対する被曝量が約 1/20 である。これは小児において特に意義がある。
- 2) 真性多血症や心不全など循環血液量の測定がくり返し要求される場合は  $^{99m}\text{Tc}$  法の方がよい。
- 3) 標識にさいして用いる血液量が、 $^{51}\text{Cr}$  の約 1/10 でよい。これも小児において有利であり、また実験室において実験小動物の血液量を知るのに有利である。
- 4)  $^{99m}\text{Tc}$  は  $^{51}\text{Cr}$  の同量にくらべ廉価である。
- 5) 検査当日に測定すれば  $^{51}\text{Cr}$  に比し高い放射能が得られ、短時間のうちにデータが計算される。
- 6)  $^{99m}\text{Tc}$  は短半減期核種であるので他の RI 検査の支障になることがない。

逆に、 $^{51}\text{Cr}$  にくらべて欠点と思われる点は次の通りである。

- 1)  $^{99m}\text{Tc}$  は elution があるため 3~4 回の採血を必要とする。
- 2)  $^{51}\text{Cr}$  法で循環血液量と同時に求められる赤血球寿命の測定が  $^{99m}\text{Tc}$  では不能である。

## 要 約

1)  $^{99m}\text{Tc}$  赤血球標識用キットを用いて赤血球を標識し、循環血液量を求めた。 $^{99m}\text{Tc}$  法による

循環血液量は、従来の  $^{51}\text{Cr}$  法によるそれとよく相關した ( $r=0.98$ ,  $p<0.01$ ) が、平均 4.6% ほど多く計算され、 $^{99m}\text{Tc}$  の赤血球よりの elution によるためと思われた。

2)  $^{99m}\text{Tc}$  法は、標識にさいし  $^{51}\text{Cr}$  法に比し、1/10 の血液量で高い放射能が得られるので、実験小動物としてマウスの循環血液量を、 $^{99m}\text{Tc}$  標識赤血球を用いて求め、 $1.70 \pm 0.06 \text{ ml}$  (体重 gm の  $6.35 \pm 0.18$ ) の値を得た。

3)  $^{99m}\text{Tc}$  法は、 $^{51}\text{Cr}$  法に比し被検者の受ける線量が 1/20 であるので、小児や繰り返し検査する必要のある多血症や心不全症例に有用である。他方、 $^{99m}\text{Tc}$  は標識血球よりの elution がみられるので、数回の採血をする必要がある。

稿を終わるにあたり、 $^{99m}\text{Tc}$  赤血球標識用キット(TCK-11)を提供戴いた株式会社ミドリ十字に感謝します。

## 文 献

- 1) Blahd WH: Blood volume. Nuclear Medicine (2 ed). McGraw-Hill Book Company (N.Y.) 1971, p. 593-619
- 2) Sterling K, Gray SJ: Determination of the circulating red cell volume in man by radioactive chromium. J Clin Invest 29: 1614-1619, 1950
- 3) Fischer J, Wolf R, Leon A: Technetium-99m as a label for erythrocytes. J Nucl Med 8: 229-232, 1969
- 4) 内田立身, 秋月 健, 斎藤勝ほか:  $^{99m}\text{Tc}$  による血球標識にかんする研究(第一報), In vitro における  $^{99m}\text{Tc}$  赤血球標識の検討. 核医学 14: 819-826, 1977
- 5) 刈米重夫: 放射性同位元素による血液学的検査, 臨床検査技術全書 3. 血液検査, 三輪史郎編, 医学書院, 東京, 1972, p 359-368
- 6) Korubin V, Maisey MN, McIntyre PA: Evaluation of technetium labeled red cells for determination of red cell volume in man. J Nucl Med 13: 760-762, 1972
- 7) Hegde UM, Williams ED, Lewis SM, et al: Measurement of splenic red cell volume and visualization of the spleen with  $^{99m}\text{Tc}$ . J Nucl Med 14: 769-771, 1973
- 8) Eckelman W, Reba RC, Albert SN: A rapid simple improved method for the preparation of  $^{99m}\text{Tc}$  red blood cells for the determination of red cell volume. Am J Roentgenol. Radium Ther Nucl Med 118: 861-864, 1973.
- 9) Schmidt P, Lohrmann HP, Heimpel H: Sodium

pertechnetate as a red cell label. Brit. J. Haematol 32: 411-420, 1976

10) Ducassou D, Arnaud D, Bardy A et al: A new stannous agent kit for labeling red blood cells with <sup>99m</sup>Tc and its clinical application. Brit J Radiol 49: 344-347, 1976.

11) 内田立身, 中島言子, 刈米重夫: <sup>99m</sup>Tc-標識赤血球による脾シンチグラフィー. 核医学 10: 79-84, 1973.

12) Uchida T, Vincent PC: In vitro studies of leukocyte labeling with technetium-99m. J Nucl Med 17: 730-736, 1976

13) Eckelman W, Richards P, Atkins HL et al: Visualization of the human spleen with <sup>99m</sup>Tc-labeled red blood cells. J Nucl Med 12: 310-311, 1971

14) 国際放射線防護委員会(ICRP): 放射性核種を用いた検査における患者の防護. ICRP publication 17. 日本アイソトープ協会. 東京. 1972. p 35 & 89

15) Boggs DR, Geist A, Chervenick PA: Contribution of the mouse spleen to post-hemorrhagic erythropoiesis. Life Sciences 8: 587-599, 1969.

16) Oakley CL, Warrack GH: The blood volume of the mouse. J Path Bact 50: 372-377, 1940

## Summary

### Blood Cell Labeling with Technetium-99m (II) Measurement of Circulating Blood Volume by <sup>99m</sup>Tc-labeled Red Blood Cells

Tatsumi UCHIDA\*, Hiroshi YOSHIDA\*, Shin MATSUDA\*, Hideo KIMURA\*,  
Nobuo MIURA\*, Tokuo YUI\*, Tetsugoro TANAKA\*, Tsuyoshi AKIZUKI,\*  
Shigeo KARIYONE\*, Masaru SAITO\*\*, and Toshiyuki KIDA\*\*\*.

\*The First Department of Internal Medicine, \*\*Radioisotope Laboratory and  
\*\*\*Department of Radiology, Fukushima Medical College

Using a labeling method with <sup>99m</sup>Tc-pertechnetate to red blood cells (RBC), circulating blood volume was measured in comparison with that from <sup>51</sup>Cr-labeled RBC method. The technique is easier than already published methods, because CIS kit for <sup>99m</sup>Tc-RBC labeling (TCK-11) became to be available recently. Two mls of ACD-anticoagulated blood were withdrawn and 0.5ml of reducing reagent prepared just before use was added to blood, waiting 5 minutes and discarding the serum after centrifugation, then adding 100 $\mu$ Ci of <sup>99m</sup>Tc. After washing the labeled cells by isotonic saline, cells were re-suspended in 10ml of saline and injected to the subject. Blood specimen was obtained 10, 30, 60 and 120 minutes after infusion and blood volume was calculated by the usual way.

Circulating blood volume by <sup>99m</sup>Tc was well correlated with that by <sup>51</sup>Cr ( $r=0.98$ ,  $p<0.01$ ),

however, the values calculated from <sup>99m</sup>Tc were 4.8 percent higher than those by <sup>51</sup>Cr, which suggested the elution of <sup>99m</sup>Tc from labeled RBC. <sup>99m</sup>Tc method has the advantages that higher radioactivity can be obtained in small amount of blood, which is useful in the determination of blood volume in children or in small animals in the laboratory. The measurement of blood volume of the mouse was done by using <sup>99m</sup>Tc method. The results were  $1.70 \pm 0.06$  ml ( $6.35 \pm 0.18$  %/gm), which coincided with the values reported previously.

Because of its short half life and low radiation dosage to the patient, <sup>99m</sup>Tc method will be recommended in the field of pediatrics or in patients with polycythemia or congestive heart failure, who are requested the repeated measurement of blood volume.