

## 《ノート》

# <sup>99m</sup>Tc-DTPA-HSA 心プールのスキャンの 小児心疾患の診断への応用

## Clinical Application of Tc-99m DTPA-HSA to Cardiac Pool Scan in Pediatrics

林田 孝平\*      西村 恒彦\*      植原 敏勇\*      岡 尚嗣\*  
林 真\*      小野 安生\*\*      小幡 達\*\*

Kohei HAYASHIDA\*, Tsunehiko NISHIMURA\*, Toshiisa UEHARA\*, Hisashi OKA\*,  
Makoto HAYASHI\*, Yasuo ONO\*\* and Tohru KOHATA\*\*

\*Department of Diagnostic Radiology, \*\*Department of Pediatrics,  
National Cardiovascular Center, Suita, Osaka 565, Japan

### I. はじめに

心プールのスキャンは、簡便で精度高い心機能評価法として、循環器病の診断、経過観察、治療後の効果判定に応用されている。心プールのスキャン製剤の歴史は、まず非拡散の性質を持つヒト血清アルブミンに<sup>131</sup>Iを標識することから始まり、ついで物理学的特性に優れた<sup>99m</sup>Tcを用い院内で標識が可能になり<sup>1)</sup>、心プールのスキャンが広く用いられるようになった。また、Pavelら<sup>2)</sup>が開発したin vivoによる<sup>99m</sup>Tc-赤血球標識法(=<sup>99m</sup>Tc-赤血球標識)は、生理的な血行動態の把握が可能であり、また血管外への漏出が少なく、理想的な心プールのスキャン製剤として使用されている<sup>3)</sup>。

一方、<sup>99m</sup>Tc-DTPA-ヒト血清アルブミンは、DTPAをbifunctional chelateとしヒト血清アルブミンに<sup>99m</sup>Tcを標識した製剤であり、①既標識注射液であること、②院内標識<sup>99m</sup>Tc-ヒト血清

アルブミンより安定であること、などの特徴がある<sup>4)</sup>。1回の静注にて安定した心プールのスキャンが得られることから、検査時間の短縮が望まれる小児科領域に有用と考えられる。そこで、今回小児心疾患の診断において、本剤を用いて心プールのスキャンを行い、その有用性を検討したので報告する。

### II. 方 法

既標識注射液である<sup>99m</sup>Tc-DTPA-ヒト血清アルブミン(日本メジフィジックス社製、以下<sup>99m</sup>Tc-HSA-D)をバイアルからとり、右肘静脈より投与した。この際、成人の標準投与量を20 mCiとし、Websterの式<sup>5)</sup>により小児投与量を決定した。すなわち、患者の年齢(=x:歳)から、小児投与量(=y: mCi)は次の式にて求められる。

$$y = 20 \times \frac{(x+1)}{(x+7)}$$

ファーストパス法は、右室負荷の程度に応じてRAO 30°~15°もしくはANTにて<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dを注入し、同時に1フレーム/秒にて30秒間の撮

\* 国立循環器病センター放射線診療部

\*\* 同 小児科

受付: 63年4月15日

最終稿受付: 63年7月7日

別刷請求先: 吹田市藤白台5-7-1 (☎565)

国立循環器病センター放射線診療部

林 田 孝 平

**Key words:** Tc-99m DTPA-human serum albumin, Cardiac pool scan, Pediatric nuclear medicine, Congenital heart disease.

**Table 1** List of the cases of cardiac pool scan performed by Tc-99m DTPA-HSA

No.	Age (yrs)	Sex	BW (kg)	Dose (mCi)	Diagnosis	Surgery	Exercise
1	8	M	20.3	10	Coarctation of Aorta		(-)
2	12	F	15.2	15	TGA	Mustard	(+)
3	10 M	F	8.1	5	VSD+PA+PDA		(-)
4	3	M	16.0	7	TGA	Mustard	(-)
5	4	M	16.4	7	MCLS		(-)
6	12	M	15.6	15	Aortic Stenosis	Postope.	(-)
7	8	F	22.4	13	Aortic Stenosis		(-)
8	11	M	32.0	15	MCLS	AC Bypass	(-)
9	3	M	12.0	6	Single Ventricle	Glenn	(-)
10	14	M	41.8	15	MCLS	AC Bypass	(+)
11	9	M	34.7	12	Pulmonary Stenosis		(+)
12	12	M	38.0	13	AV Block		(+)
13	15	M	59.2	15	MCLS	AC Bypass	(+)
14	17	F	54.5	18	MCLS		(+)
15	14	M	45.0	15	DORV	Rastelli	(+)
16	18	F	65.0	15	AV Block		(+)
17	14	M	36.4	15	DORV	Rastelli	(+)
18	17	F	55.0	15	Tetralogy of Fallot		(+)
19	10	F	35.2	8	Myocarditis		(+)
20	12	M	38.4	15	MCLS		(+)
21	15	F	51.5	15	Pulmonary Stenosis	Balloon	(+)
22	6	F	19.9	10	Renovascular Hypertension		(-)
23	3	M	12.9	6	DCM		(-)
24	13	M	34.5	15	DCM		(-)
25	14	M	61.0	15	Tetralogy of Fallot	Rastelli	(+)
26	16	M	28.7	15	Marfan Syndrome		(+)
27	13	F	46.2	15	Myocarditis		(+)

TGA=Transposition of Great Arteries, DORV=Double outlet of Right Ventricle, TOF=Tetralogy of Fallot, AS=Aortic Stenosis, PS=Pulmonary Stenosis, AV Block=Atrioventricular block, VSD=Ventricular Septal Defect, PA=Pulmonary Atresia, PDA=Patent Ductus Arteriosus, MCLS=Mucocutaneous lymph-node syndrome, DCM=Dilated cardiomyopathy, AC Bypass=Aortocoronary bypass, BW=Body weight, Exercise (+): Done by Exercise test

像を開始した。また、平衡時相は、ANT, LAO 30°~60°, および L-LAT 像を撮像し、best septal LAO position を決定した後、心電図ゲート法にて拡張末期像および収縮末期像を得た。また、オンラインでつないだミニコンピュータにより、ファーストパス法では 20 フレーム/秒にて 20 秒間、平衡時相では 500 k カウント、マルチゲート法ではフレームモードにて RR 間隔を 20 等分して 2,000 k カウントを収集した。運動負荷併用例では臥位自転車エルゴメータを用い漸増負荷法により安静時の心拍数 50% 増加あるいは胸痛、心電図の ST 変化をきたした後、同程度の負荷量にて 90

秒間のデータをリストモード法にて収集した。使用した機種はコンバージング・コリメータを装着したシンチカメラ Ohio-Nuclear Σ410S 型、データ処理は DEC PDP 11/60 である。

### III. 対 象

<sup>99m</sup>Tc-HSA-D による心プールのスキャンを実施した対象症例数は 27 例であり、男女比=17:10, 10 か月~18 歳 (平均年齢は 10.9±4.8 歳) であった。症例の内訳を Table 1 に示す。このうち、16 例にて運動負荷を併用した。また同一患者で <sup>99m</sup>Tc-赤血球標識法と <sup>99m</sup>Tc-HSA-D による心プールのス

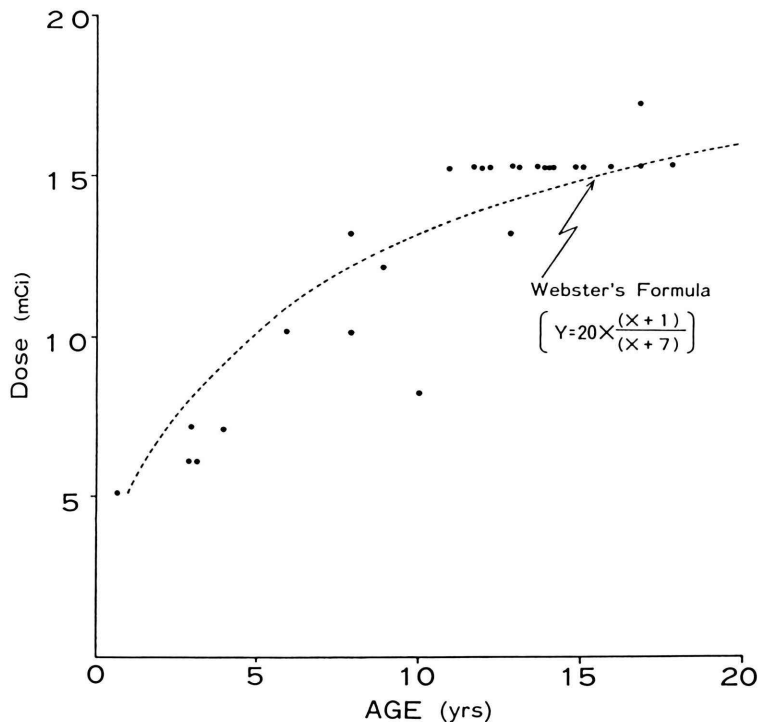


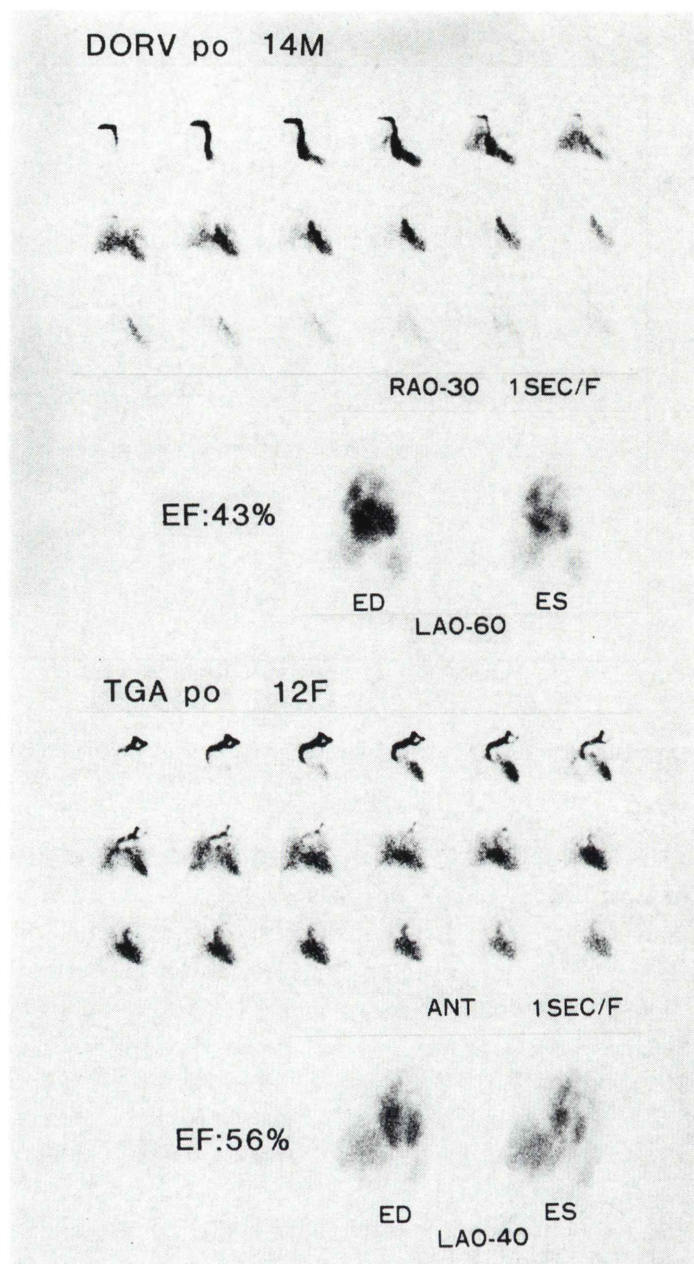
Fig. 1 Correlation between the age of patients and the dose of Tc-99m DTPA-HSA.

ヤンと比較できたのは経過観察の2例，川崎病のため冠血管再建術を施行した3例，計5例である。

#### IV. 結 果

<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dの投与量は，Websterの式にて決定したが，患者の個人差を考慮し多少増減した。Fig. 1に今回実際に投与した<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dの量と年齢との相関を示す。心プールのスキャンの検査時間は，ファーストパス法，平衡時法，ゲート法を含めて安静時で20分，運動負荷を併用しても30分以内で終了できた。また，全例において鮮明な画像と臨床的に有効な情報が得られ，副作用はみられなかった。Fig. 2の上段は14歳・男児で両大血管右室起始症のためRastelliの手術，また下段は12歳・女児で完全大血管転換のMustardの手術による血行修復後のファーストパス法であるが，前者は右房→右室→肺→左房→左室→大動脈，後者は右房→左室→肺→左房→右室→大動脈の描

出を認め，術後の血行動態は機能的根治術により正常に復していた。また直ちに行った心プール像も鮮明であった。Fig. 3は10歳・女児の心筋炎既往患者における<sup>99m</sup>Tc-HSA-D心プールのスキャンであるが，8歳時の<sup>99m</sup>Tc-赤血球標識心プールのスキャンと比較した。左室駆出率は，それぞれ59%，55%で，心肺動態に変化はなかった。腹部臓器の分布は<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dの方が<sup>99m</sup>Tc-赤血球標識より肝臓の分布が多く，脾臓の分布は少なかった。<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dによる心プールイメージは，<sup>99m</sup>Tc-赤血球標識と比し遜色がなかった。また，川崎病で左前下行枝にAC bypass施行例の術前後の左室駆出率はそれぞれ70%，68%と安静時の心機能に変化がなかった(Fig. 4)。また，Fig. 5は12歳・男児で，AV blockのために心予備能の判定が必要なため，運動負荷を併用した。<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dによる心プールのスキャンにて左室駆出率は安静時56%，負荷時74%であり，負荷にて18%の増加が



**Fig. 2** First pass studies of cardiac pool scan with Tc-99m DTPA-HSA. Upper column: (14 yrs. male case) DORV with correction by Rastelli's operation. Lower column: (12 yrs. female case) TGA with correction by Mustard's operation. Visualization of surgically corrected blood flow dynamics in cardiovascular system and evaluation of left ventricular function were done promptly. (TGA=Transposition of Great Arteries, DORV=Double outlet of Right Ventricle, PO=postoperative state, EF=left ventricular ejection fraction, ED=end-diastole, ES=end-systole)



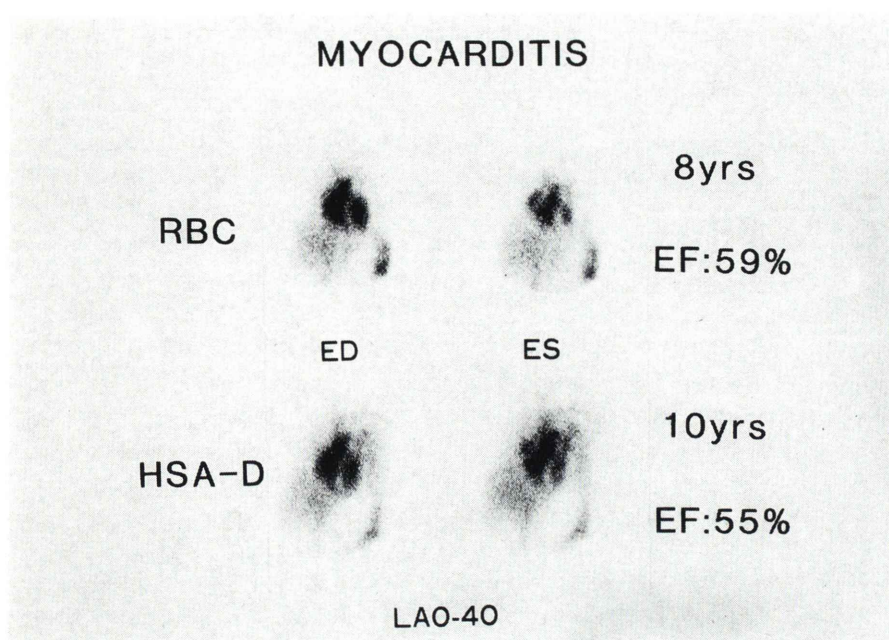


Fig. 3 Comparison of cardiac image with Tc- $^{99m}$  DTPA-HSA at the age of ten and that with Tc- $^{99m}$  RBC at the age of eight for evaluating serial left ventricular function in the case of myocarditis. (RBC=Tc- $^{99m}$  RBC cardiac pool scan, HSA-D=Tc- $^{99m}$  DTPA-HSA cardiac pool scan)

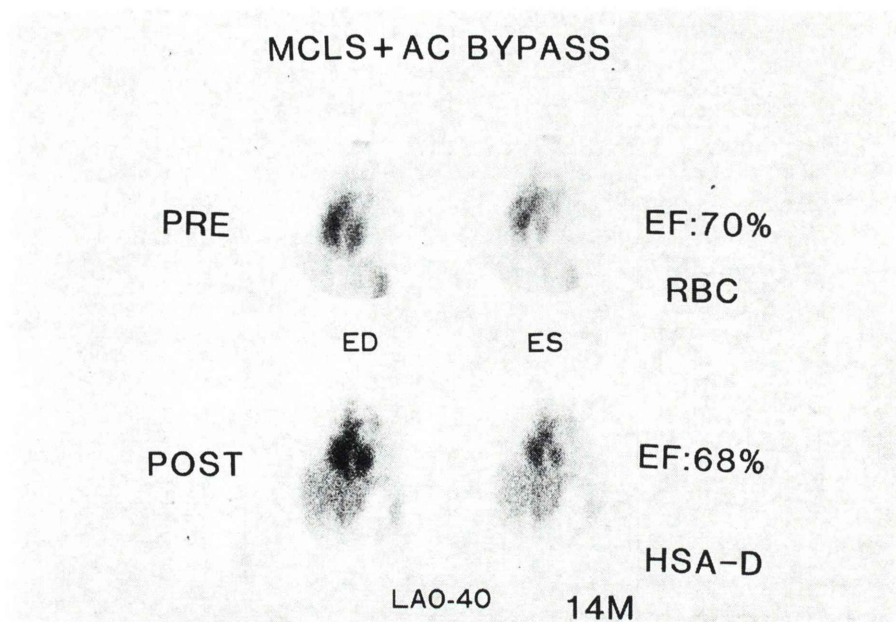
あり心予備能は良好と判定できた。負荷時においても、安静時同様に肝臓などのバックグラウンドが低い心イメージが得られた。

## V. 考 察

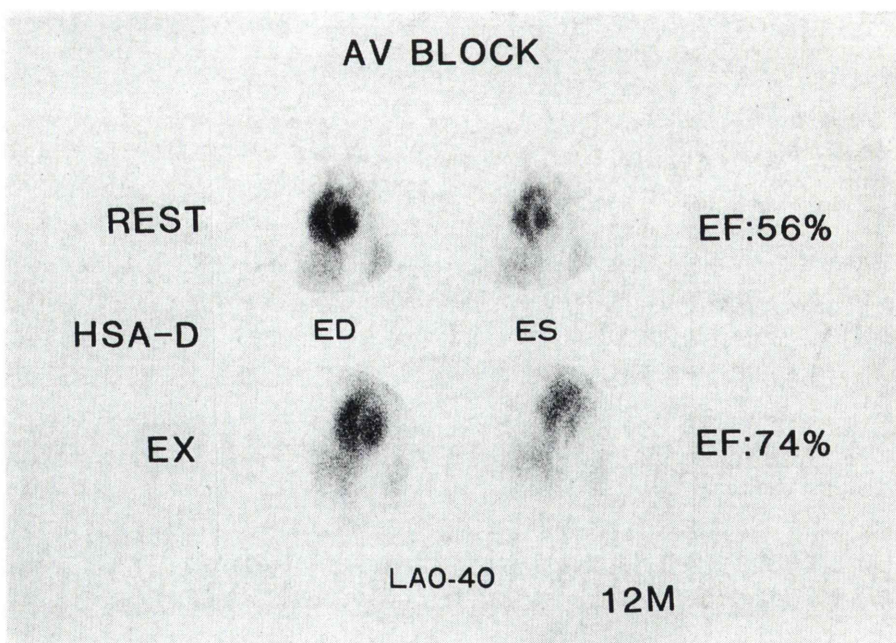
小児科領域での心プールスキャンのファーストパス法はシャント病変、狭窄あるいは閉塞病変、大血管異常の検出などの定性的診断ならびにシャント率あるいは右室駆出率などを求める定量的診断が可能である<sup>6)</sup>。しかし、小児科領域では心電図、心エコー図法などの非観血的かつ放射能被曝がない検査法が first choice となる。したがって、小児患者において心プールスキャンの役割は限られてくる。しかし本研究の対象27例中16例 (59%) において運動負荷を実施しているように、心予備能の判定には心プールスキャンの有効性が高い。また、小児科領域の心プールスキャンでは、検査の最適化を念頭におく必要がある<sup>7)</sup>。つまり、検

査時間と被曝量のバランスにより  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D の投与量が決定されるべきである。ここで用いた Webster の式を用いて算出した  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D の投与量による心プールスキャンの検査時間は20分であり、また  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA 1 mCi 当たり 16 mRem/ $\text{mCi}^{8)}$  の被曝量から算出した全身の被曝量は 60~250 mRem 程度となり、妥当な放射線量と考えられる。また、 $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D は  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法と違い注射後直ちに検査ができ、2度の静注操作あるいは注射針を留置して30分待つ必要がないため、検査時間の短縮となる。幼児では検査のため麻酔が必要なことがあり、検査時間が短いことは、 $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D の有用な点である。

一方、 $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D と  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識の心プールスキャンの比較については、小児患者に対して同様な放射性薬剤を同一時期に用いることはできないので、経過観察症例、あるいは術前後の症例にて行った。 $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D による心プール



**Fig. 4** Comparison of cardiac image with Tc-99m DTPA-HSA in postoperative state of Aortocoronary bypass and that with Tc-99m RBC in preoperative state of MCLS (14 yrs. male case). (PRE=Preoperative state, POST=postoperative state, MCLS = Mucocutaneous lymphnode syndrome, AC Bypass=Aortocoronary bypass)



**Fig. 5** Stress cardiac pool scan to evaluate the reserve left ventricular function in the case of AV block (12 yrs. male case). (AV Block=Atrioventricular block, Rest=Rest study, EX=Exercise study)



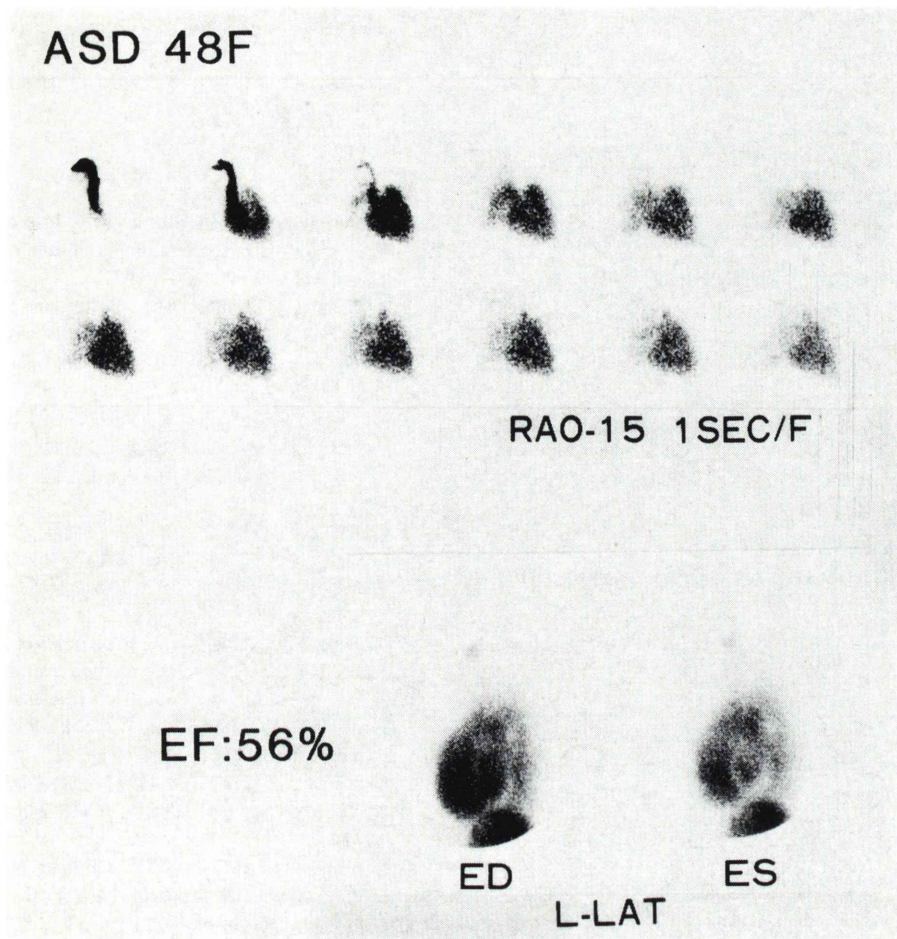


Fig. 6 Interference of splenic image in cardiac pool scan with Tc- $^{99m}$  RBC in case of atrial septal defect (=ASD) (48 yrs. female case). (L-LAT=left lateral)

スキャンは、 $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識のそれに比し、肝臓の分布がやや多く、脾臓の分布は少なかった。この場合、肝臓への分布が多い点は、心イメージを劣化させるほどでなく、診断に際して不都合はなかった。浜田ら<sup>9)</sup>による成人例における  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D の検討においても、本剤は  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識による心プールスキャンに比較し、 $p < 0.05$  の危険率で肝臓への分布が多く、 $p < 0.01$  の危険率で脾臓への分布が少ないと報告しており、本研究の小児症例の臓器分布とほぼ一致した。この場合、脾臓への分布が低い点は右心負荷の症例にて

有用である。すなわち、右心負荷の症例では、best septal LAO position を得るためには、steep LAO position あるいは L-LAT の方向からの心電図ゲートの撮像が必要になり、視野内に強い集積を示す脾臓のイメージが入ることは避けられず、相対的に心臓のカウントが少なくなり、左心イメージが劣化したり、左室の edge detection が難しくなる。Fig. 6 に心房中隔欠損症の  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法による心プール像を示す。このように、先天性疾患をはじめ、右室負荷例が多い小児患者における心プールスキャンでは、脾臓の分布が低い

$^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D が心機能評価をする際に有用である。

$^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D は、従来のヒト血清アルブミンキットによる方法に比し、経時的な血中のカウントの変動は少ない<sup>4)</sup>が、 $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法に比較すれば、依然として投与後の経時的な放射能の血中カウントの低下が大きくまた変動率も高い<sup>9)</sup>。しかし  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法は、標識操作に少なくとも30分を要し、またヘパリンなどの投与中に、標識率が低下する可能性もある<sup>10)</sup>。このように、 $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D は、経時的に血中のカウントがやや落ちる欠点はあるものの、注射後30分で検査が終わること、これに伴う麻酔時間を含めた前処置の時間短縮などの有利な点もある。したがって、小児患者の心機能評価をする際、本剤を心プールのスキャン製剤として用いる有用性はきわめて大きい。

## VI. まとめ

$^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D による心プールのスキャンの小児心疾患における臨床的有用点は次のとおりである。

- 1) 1 回の静注にて心プールのスキャンを行うことができ、検査時間、麻酔時間が短い。
- 2)  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D は既標識物なので、ヘパリンなどの投与中でも安定した優れた心プール像が得られる。
- 3)  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D 標識法による心プールのスキャンは、 $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法に比し脾臓への摂取が少なく、右室負荷の症例でターゲットとしての

心プール像が鮮明である。

$^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D を供給していただいた日本メジフィジックス社に感謝いたします。

## 文 献

- 1) Lin M, Winchell HS, Shipley BA: Use of Fe(II) or Sn(II) alone for technetium labelling of albumin. *J Nucl Med* **12**: 204-207, 1971
- 2) Pavel DG, Zimmer AM, Patterson VN, et al: In vivo labelling of red blood cells with Tc-99m: A new approach to blood pool visualization. *J Nucl Med* **18**: 305-308, 1977
- 3) 林田孝平, 西村恒彦, 植原敏男, 他: In vivo 標識  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球における標識率の検討——RI アンジオグラフィにおける応用——. *核医学* **18**: 495-501, 1981
- 4) 白神宜史, 松本康浩, 山内優子, 他: 心プールのスキャン剤  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA-HSA {テクネチウムヒト血清アルブミン ( $^{99m}\text{Tc}$ )} 注射液の開発. *核医学* **24**: 475-477, 1987
- 5) Webster EW, Alpert NM, Brownell GL: Radiation dose in pediatric nuclear medicine and diagnostic x-ray procedures. *Pediatric nuclear medicine*. James AE, Wagner HN and Cooke RE, Saunders, Philadelphia, 1974
- 6) 西村恒彦: 心臓核医学の臨床. 永井書店, 大阪
- 7) 国際放射線防護委員会勧告: ICRP Publication 26, 1977
- 8) Bermann DS, Mason DT: *Clinical Nuclear Cardiology*. Grune & Stratton, New York, 1981
- 9) 浜田星紀, 西村恒彦, 林田孝平, 他:  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA-HSA による心 RI アンジオグラフィ——in vivo 赤血球標識法との比較——. *核医学* **25**: 381-391, 1988
- 10) Ponto JA: Choosing a radiopharmaceutical for cardiac blood pool imaging. *J Nucl Med Technol* **9**: 150-153, 1981