

《ノート》

甲状腺摂取率とシンチグラフィー

— ^{123}I および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と ^{131}I の比較 —

鈴木 雅紹* 森川 正浩* 宮本 義勝**
 飯島 敏** 周防 正行**

I. はじめに

甲状腺ヨード摂取率およびシンチグラフィーは、甲状腺機能の日常検査として行なわれている。薬剤としては広く ^{131}I -ヨウ化ナトリウム（以下 ^{131}I と略す）が使用されているが¹⁾、被曝線量の軽減のため短半減期核種が使用される傾向にある。今回、サイクロトロン生産による ^{123}I -ヨウ化ナトリウム（以下 ^{123}I と略す）を入手する機会を得、甲状腺摂取率およびシンチグラフィーについて、 ^{123}I および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetate（以下 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と略す）と ^{131}I の比較検討を行なったので報告する。 ^{123}I および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は ^{131}I に比較して、半減期が短く、ベータ線を放射せず、ガンマカメラに適当なガンマ線を放射し^{2),3)} (Table 1)、被曝線量の軽減と鮮明なシンチグラムが期待できる。

II. 対象と方法

兵庫県立尼崎病院甲状腺外来に、昭和50年7月から10月に受診した者の内、甲状腺ヨード摂取率およびシンチグラフィー測定を行なった72人で、甲状腺機能正常者 11例（以下 Euthyroid 群）、

セドウ病患者 24例（以下 Basedow 群）、橋本病患者 21例（以下 Hashimoto 群）、結節性甲状腺腫患者 16例（以下 Nodular goiter 群）を対象とした。その内訳は Table 2 の通りである。

2週間前より充分にヨードの摂取制限を行ない、 ^{123}I 100～200 μCi を経口投与、または $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 1～3mCi を静注した。 ^{123}I の投与後 3, 6, 24 時間後に、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の静注後 15, 30 分、3, 6 時間後に甲状腺摂取率測定およびシンチグラフィーを行なった。 ^{123}I または $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の投与 1 日後に ^{131}I を経口投与し、 ^{123}I の場合と同様に甲状腺摂取率測定およびシンチグラフィーを行ないその結果について比較検討した。

甲状腺摂取率測定には直径 5 cm、長さ 8.5 cm のフラットフィールド型コリメーター装着のシングルチャンネル波高分析器付 NaI(Tl) (ϕ 1 3/4 × 2 in) シンチレーション計数器（メトロ電機）を使用した。計数エネルギー範囲は波高分析器によって得られたスペクトラム (Fig. 1, 2) から ^{131}I 210～554 keV, ^{123}I 80～200 keV, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 64～170 keV と決めた。検出器と検体との距離は isoresponse curve (Fig. 3) を作成し、甲状腺の表層部と深部の差が 10% 以下になり、かつ、充分に甲状腺が計数できる幾何学的範囲を考慮し、コリメーター表面より 17 cm とした。標準測定には ABBOTT-ORINS 甲状腺ファントムを使用した。身体バックグラウンドは大腿部計数値に、あらかじめ得ていた同じ測定系の ^{131}I -人血清アルブミンによる頸

* 兵庫県立尼崎病院 RI 室

** 兵庫県立尼崎病院 内科

受付：51年11月22日

最終稿受付：52年4月27日

別刷請求先：尼崎市北城内27番地 (〒660)

兵庫県立尼崎病院 RI 室

鈴木 雅紹

Table 1 Principal physical properties

Radio-nuclide	Mode of decay	Physical half life	Photon energy, keV (% abundance)	Absorbed dose (rads/mCi)	
				Thyroid	Total body
^{131}I	β^-	8.1 days	364 (82%) 637 (7%) 723 (1.7%)	1,300.0*	0.71*
^{123}I	EC	13 hrs	159 (83%) 529 (1%)	13.0*	0.029*
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	IT	6 hrs	140 (88%)	0.2**	0.012**

* From MILD Dose Estimate Report No. 5, thyroid uptake 25% (Ref. 2)

** (Ref. 3)

Table 2 Number of cases in the various groups with thyroid diseases

	^{123}I	sex (M/F)	(age)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	sex (M/F)	(age)
Euthyroid	11	7	0/7	(30-61)	4	1/3
Basedow's dis.	24	13	3/10	(16-51)	11	4/7
Hashimoto's dis.	21	15	0/15	(16-65)	6	1/5
Nodular goiter	16	10	3/7	(25-71)	6	4/2
Total	72	45	6/39	(16-71)	27	10/17

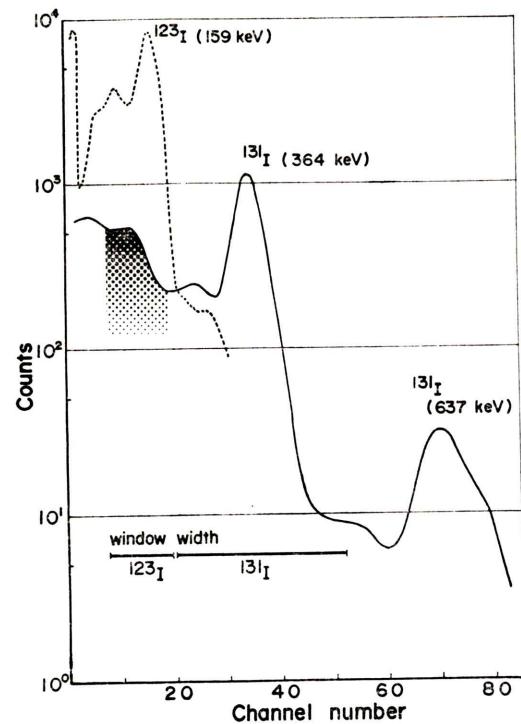


Fig. 1 Gamma energy spectrum of ^{123}I and ^{131}I measured by NaI(Tl).

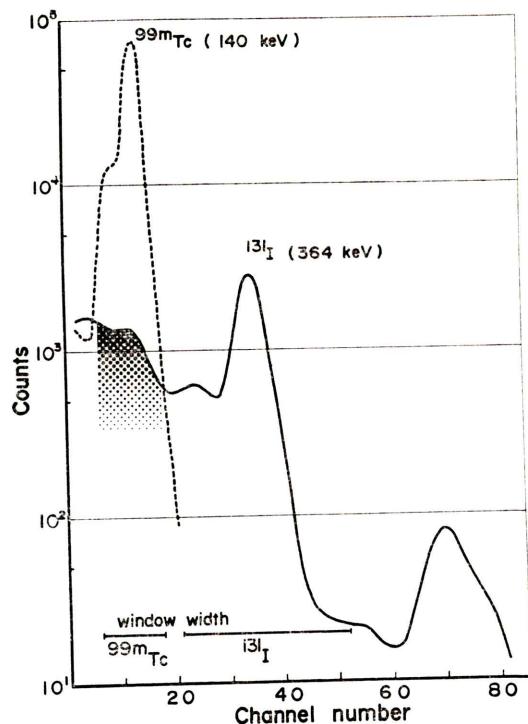
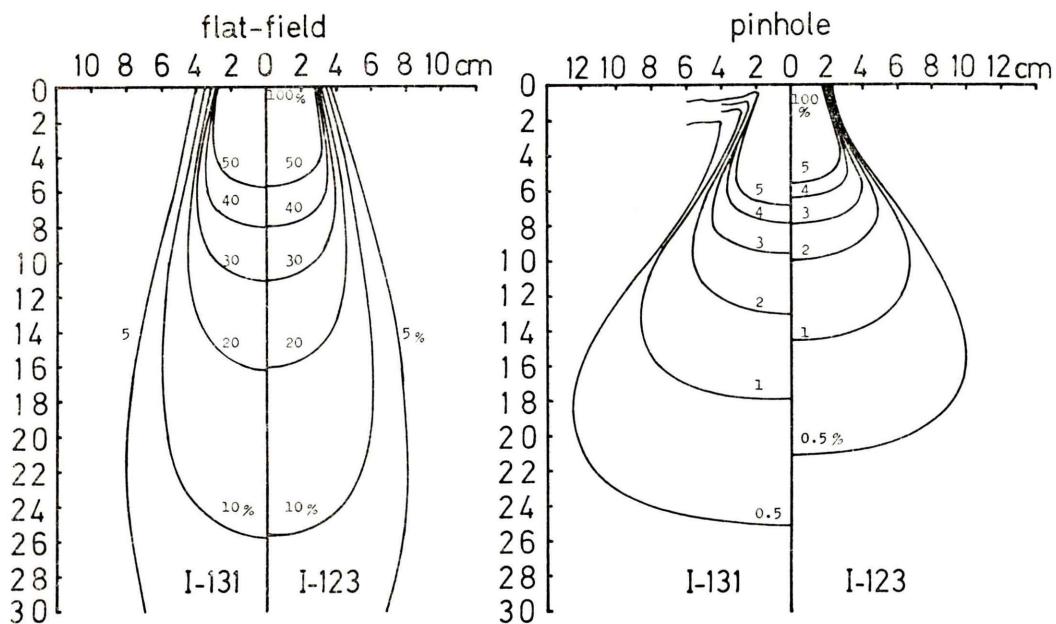


Fig. 2 Gamma energy spectrum of ^{131}I and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ measured by NaI(Tl).

Fig. 3 Isoresponse curve of ^{123}I and ^{131}I .

部と大腿部の計数比に乘じたものを差引いた。

^{123}I または $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の計数時にこれらの計数エネルギー範囲に重なってくる ^{131}I のコンプトン散乱エネルギーの影響を避けるために、 ^{131}I との同時投与をせず、 ^{131}I の投与を 1 日遅らせた。また、 ^{131}I 計数値は、 ^{123}I または $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 24 時間値の ^{131}I 計数エネルギー範囲との計数比を、物理的減衰定数によって補正したものを差し引いた。

甲状腺シンチグラムはガンマカメラ（東芝 GCA-101, NaI (Tl), $\phi 12 \times 0.5$ in）にピンホールコリメーターを装着して撮影した。撮影のエネルギー範囲は photo peak の $\pm 30\%$ とした。距離は摂取率計数の場合と同様に、isoresponse curve により、コリメーター表面から 10 cm とした。集積カウント数は ^{131}I および ^{123}I の場合 20,000 カウント、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の場合 50,000 カウントとし、それぞれ約 5~10 分程度で撮影を行った。

III. 結 果

1) 甲状腺摂取率： ^{131}I および ^{123}I による各疾患群の甲状腺摂取率の平均値は、 ^{131}I と ^{123}I の間

に有意な差は認めず ($P < 0.05$)、ともに Basedow, Hashimoto, Nodular goiter, Euthyroid 群の順に高値を示した (Table 3, 4)。24 時間値において Euthyroid 群は、Basedow 群および Hashimoto 群と有意な差を認めた（それぞれ $P < 0.001$, $P < 0.01$ ）が、Nodular goiter 群とは明らかな差は認められなかった ($P < 0.3$)。また、この傾向は他のそれぞれの時間値においても同様であった。時間的経過についてみると、いずれの疾患群においても ^{131}I 摂取率と ^{123}I 摂取率は同様に、時間の経過とともに上昇し、24 時間値がもっとも高値を示した。しかし、Basedow 群では 6 時間値が最も高値を示した例も少くなかった。 ^{131}I 摂取率と ^{123}I 摂取率の間で、各疾患群それぞれの時間において、paired t test を行なった結果、統計学的に有意差は認めなかった。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 摂取率は、Basedow, Hashimoto, Euthyroid 群の順に高値を示し、Nodular goiter 群は Euthyroid 群とほぼ同じ値を示した (Table 5)。15 分値と 30 分値において Euthyroid 群は、Basedow 群と有意な差を認め ($P < 0.01$)、Hashimoto 群と

Table 3 Thyroid uptakes of ^{131}I at various times after oral administration.(mean \pm SD)

	cases	3 hr	6 hr	24 hr
Euthyroid	11	4.2 \pm 3.3	7.1 \pm 5.0	13.4 \pm 6.8
Basedow's dis.	24	32.3 \pm 17.5	49.1 \pm 20.6	59.9 \pm 18.7
Hashimoto's dis.	21	16.4 \pm 14.9	25.5 \pm 19.6	33.9 \pm 22.1
Nodular goiter	16	5.1 \pm 5.0	8.4 \pm 7.7	15.8 \pm 11.0

Table 4 Thyroid uptakes of ^{123}I at various times after oral administration(mean \pm SD)

	cases	3 hr	6 hr	24 hr
Euthyroid	7	3.7 \pm 2.8	7.7 \pm 4.8	15.2 \pm 7.2
Basedow's dis.	13	32.3 \pm 18.0	46.6 \pm 21.8	56.0 \pm 19.4
Hashimoto's dis.	15	17.2 \pm 15.1	25.7 \pm 20.5	35.4 \pm 25.2
Nodular goiter	10	4.2 \pm 4.0	8.2 \pm 6.4	16.7 \pm 11.3

Table 5 Thyroid uptakes of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ at various times after intravenous administration.(mean \pm SD)

	cases	15 min	30 min	3 hr	6 hr
Euthyroid	4	1.1 \pm 0.6	1.7 \pm 0.7	1.9 \pm 0.9	1.9 \pm 0.8
Basedow's dis.	11	12.0 \pm 6.2	9.3 \pm 5.6	8.7 \pm 4.9	7.9 \pm 3.9
Hashimoto's dis.	6	3.9 \pm 3.0	2.9 \pm 1.8	3.0 \pm 1.9	3.3 \pm 2.1
Nodular goiter	6	1.1 \pm 0.6	1.7 \pm 0.7	1.8 \pm 0.8	1.6 \pm 0.7

は明らかな差を認めなかった ($p < 0.2$) が、 Basedow 群と Hashimoto 群の間には有意差を認めた ($P < 0.05$)。 Nodular goiter 群はすべての時間において Euthyroid 群と同様の値を示した。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 摂取率の時間的経過についてみると、 Euthyroid 群および Nodular goiter 群の場合、 15, 30分と上昇し、その後ほぼプラトーとなり 3 時間値が最も高値を示した。 Basedow 群および Hashimoto 群は静注後急速に摂取され、 15分値が最も高値で30分と下降し、その後ほぼプラトーとなった。

^{131}I 摂取率と ^{123}I 摂取率の相関関係については Fig. 4 に示すとおり、晚期摂取率の24時間値が最もよい相関係数を示し ($r = 0.971$, $y = 1.0x + 1.03$), 6時間値 ($r = 0.954$, $y = 0.97x + 1.03$), 3時間値 ($r = 0.935$, $y = 1.0x + 0.80$) の順に相関係数が高かったが、それぞれの係数間に有意な差は認めなかった ($P < 0.05$)。

早期摂取率と晚期摂取率の比較として、 ^{131}I 摂取率による 24時間値と、 3 および 6 時間値の関係を検討した結果を Fig. 5 に示すが、双方ともよ

い相関関係を示した (それぞれ $r = 0.916$, $y = 0.62x - 4.65$, $r = 0.960$, $y = 0.89x - 4.43$)。

^{131}I と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ による摂取率の比較 (Fig. 6) では、 ^{131}I 3 時間値と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 15 分値の早期摂取率が晚期摂取率より、よい相関関係を示した ($r = 0.808$, $y = 0.28x + 0.45$)。

2) シンチグラフィー： ^{131}I および ^{123}I 経口投与後 3, 6, 24 時間にシンチフォトを得たが、 6 時間と 24 時間のシンチフォトは肉眼的には差はなく、これに比べると 3 時間ににおけるシンチフォトはバックグラウンドの多いものがあった。 Fig. 7 に示したシンチフォトは 24 時間のものである。 Euthyroid, Basedow, Hashimoto 群においては肉眼的観察では、 ^{131}I と ^{123}I シンチシフォト間に差がないと判定した。またそれぞれの時間における比較でも多少バックグラウンドの差を認めたが、同様の判定が得られた。 Nodular goiter 群では ^{131}I に比較して ^{123}I の方が Cold nodule の描出が鮮明であることが多かった。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 静注後 15, 30 分, 3, 6 時間にシンチ

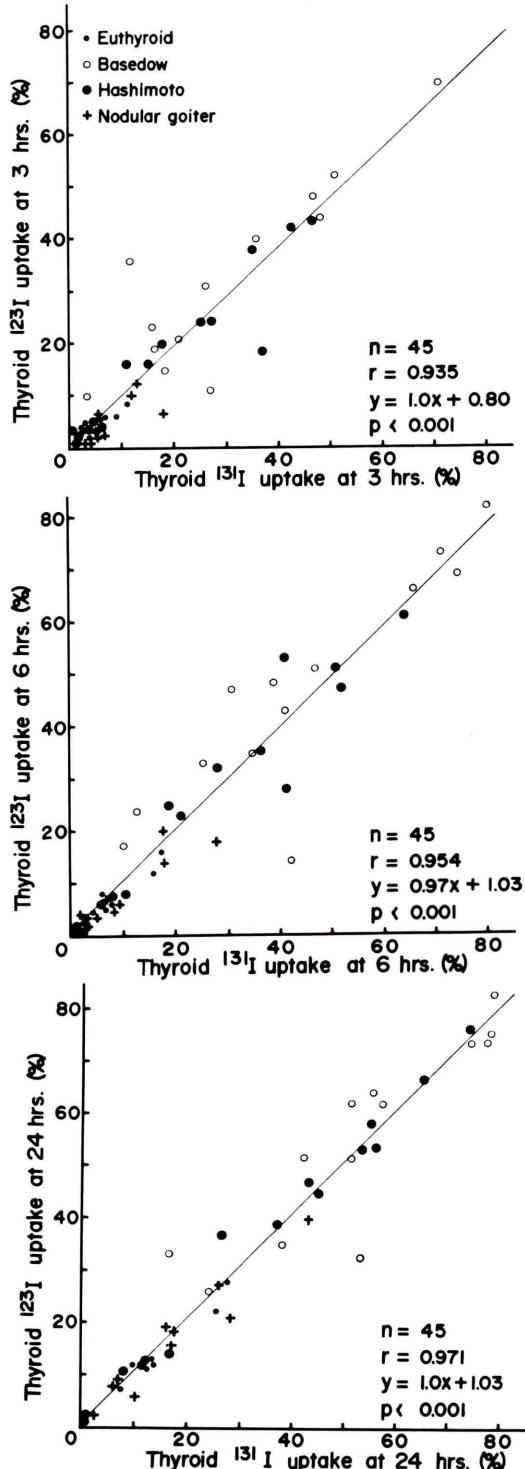


Fig. 4 Correlation between thyroid uptakes of ^{123}I and ^{131}I at 3, 6 and 24 hours.

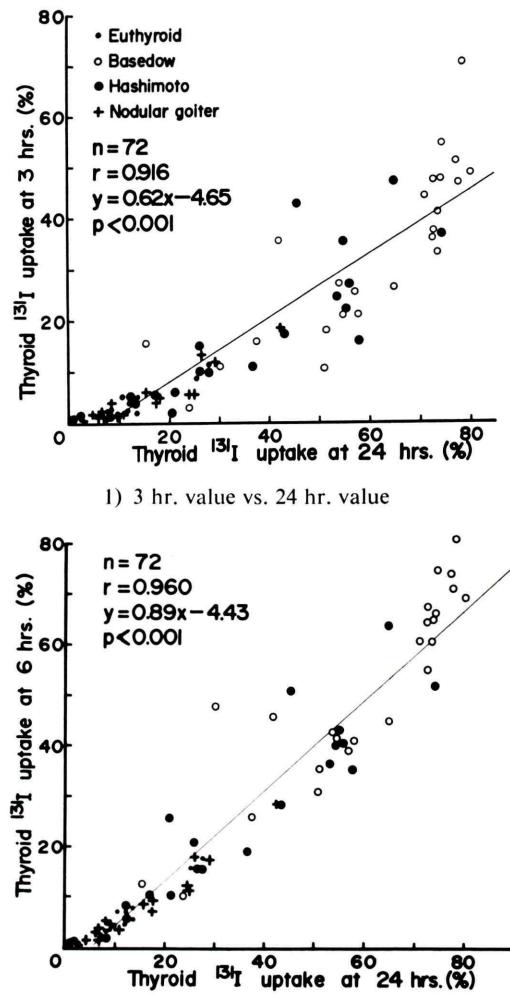


Fig. 5 Correlation of ^{131}I thyroid uptakes:

フォトを得たが、総体的に30分のシンチフォトが鮮明であり、Fig. 8 に示したシンチフォトは30分のものである。 ^{131}I 24時間のシンチフォトと比較してみると $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の方が全般的にバックグラウンドが高いが肉眼的観察は可能であり、特に Basedow, Nodular goiter 群には、 ^{131}I よりも描出の鮮明なものがあった。しかし Nodular goiter 群には $^{99\text{m}}\text{Tc}$ では観察不可能な例もみられ、生検で adenocarcinoma と診断された2例を呈示した (Fig. 8-E, F)。

なお、この検討において薬剤による副作用と考

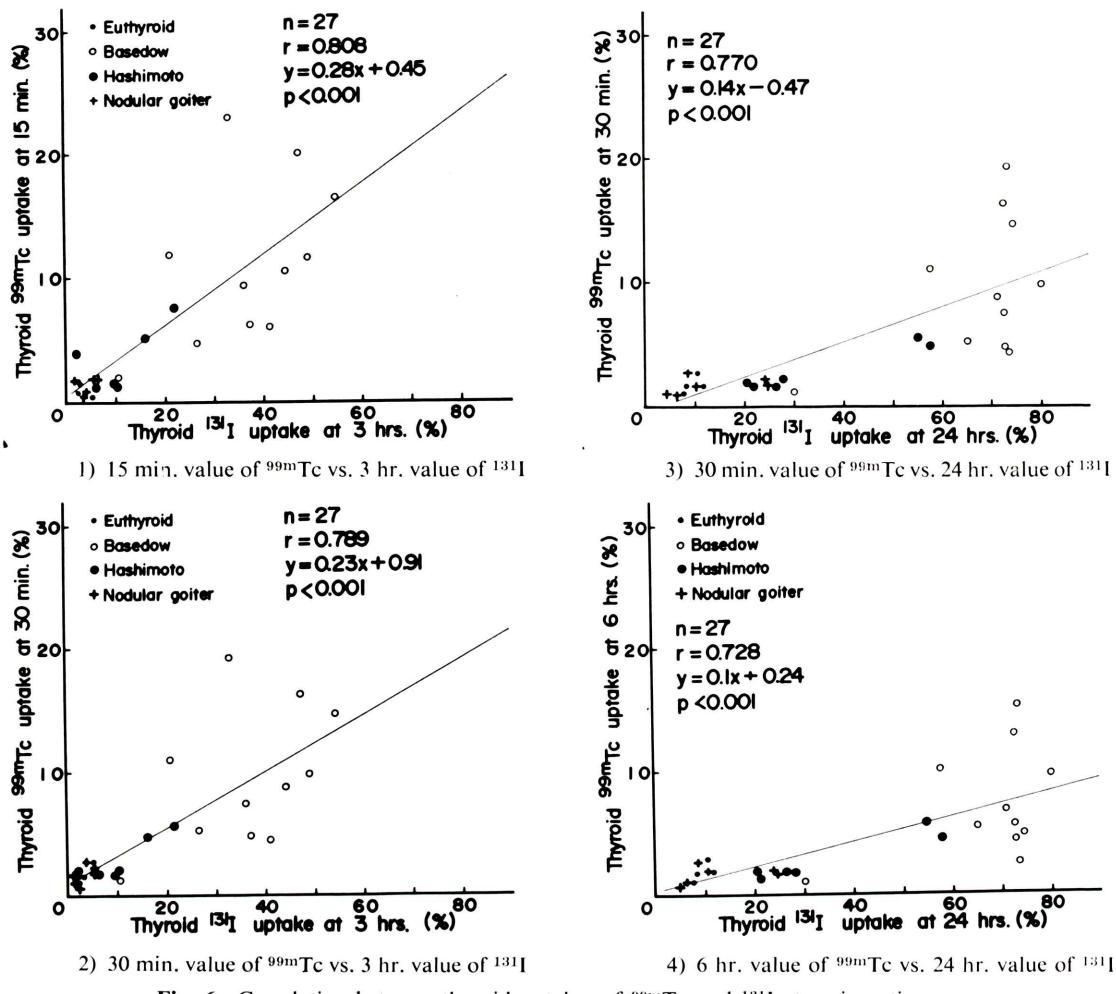


Fig. 6 Correlation between thyroid uptakes of ^{99m}Tc and ^{131}I at various times:

えられる症状は観察されなかった。

IV. 考 察

^{123}I および ^{99m}Tc はベータ線を放射せず、シンチグラフィーに適当なガンマ線を放射し、短半減期であり、被曝線量が ^{131}I に比較して軽減できる^{2),3)}。

^{131}I と ^{123}I が同じ行動を示すことは化学的に予測されるが、甲状腺摂取率の比較において、それぞれの時間で非常によい相関関係を示したこと、経時的変化の差ないこと、そして paired t test によって差のないことから甲状腺の ^{123}I 摂取率は

^{131}I によるものと同様と考えることができ、シンチフォトと合わせて、甲状腺機能の鑑別に役立つと考えられる。

24時間摂取率では、 $r=0.971, y=1.0x+1.03$ の相関関係を得た。この回帰に対する推定誤差は 1.7 (% uptake) であり、少々大きいように考えられるが、これは同時投与にともなう ^{131}I のコンプトン散乱の影響を避けるため、 ^{131}I の投与を ^{123}I の投与時より 1 日遅らせたことが原因と考えられる。Robertson⁴⁾ によると、同時投与による相関関係は $r=0.994, y=1.28x-0.35$ と報告しており、この回帰の推定誤差は 0.4 (% uptake) 程度であ

Fig. 7 Comparison of images of ^{131}I and ^{123}I .

る。われわれの得た値との隔りは統計学的に 1 日における個体内変動に近似するものと考えられ、このことが臨床的に、摂取率測定の隔日における再現性を示すものと思われる。

^{123}I は短半減期のため、24時間後の計数時には投与時の 28% に減衰しており、特に Hypothyroid の場合は誤差が大きくなる可能性があり、早

い時間の測定が望まれる。早期と晚期摂取率の比較で、 ^{131}I 24時間値と 3 時間値の関係は ^{131}I 24時間値と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 30 分値の関係と類似していることから、ヨード摂取率 3 時間値は trapping phase の反映が大きいと考えられる。また、 ^{131}I 24時間値と 6 時間値の相関係数のよいこと、各疾患群における ^{131}I および ^{123}I 摂取率の 6 時間値は 3 時間値

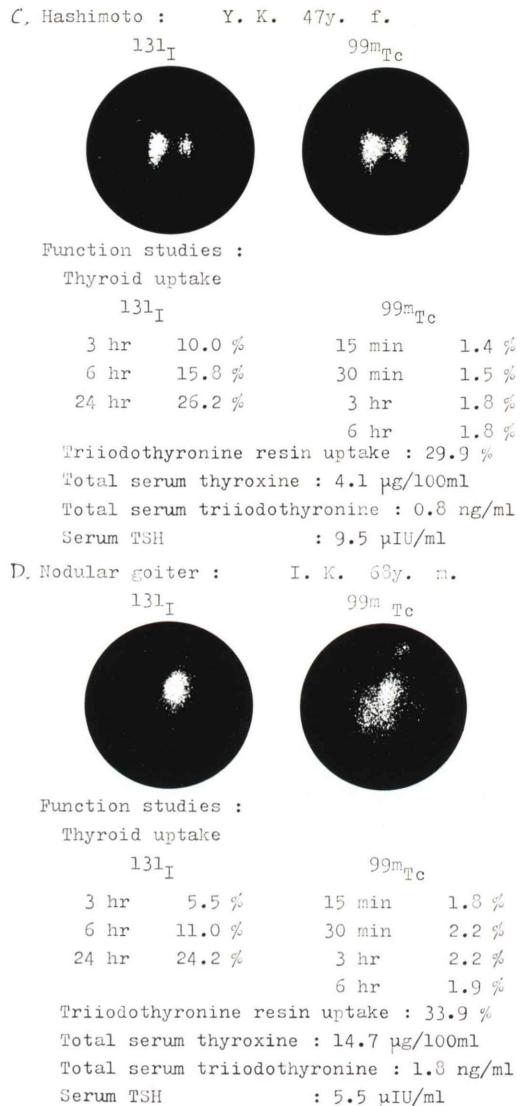
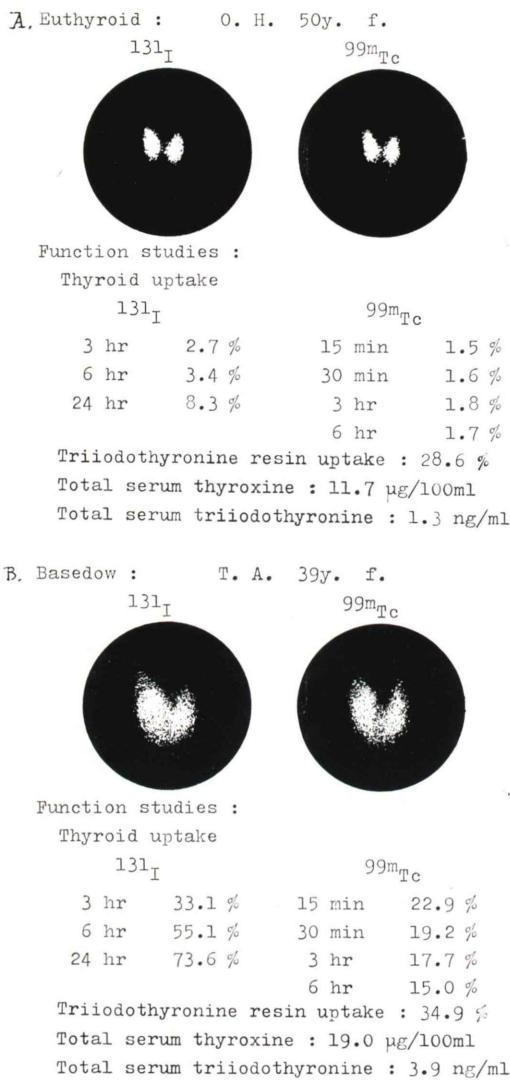
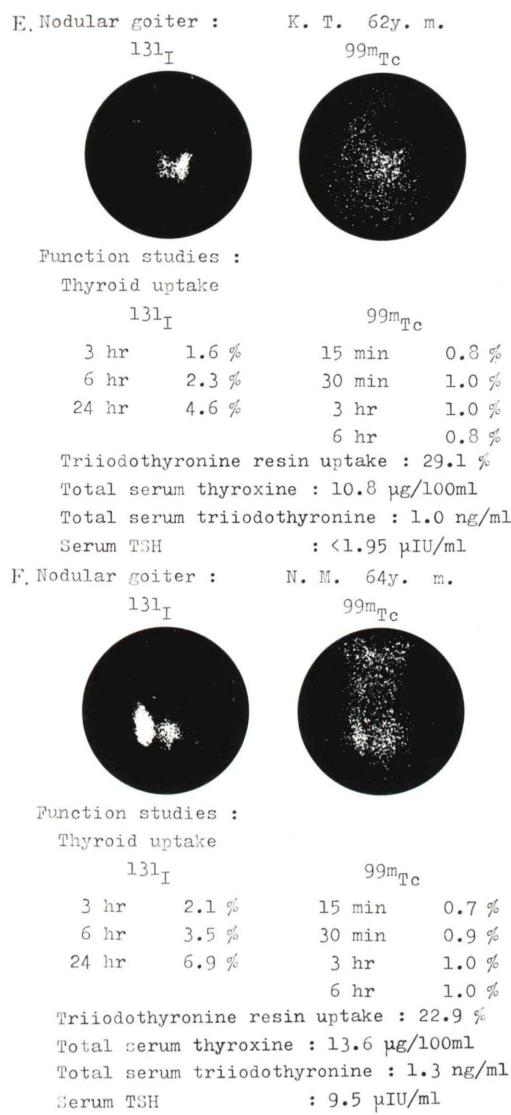


Fig. 8 Comparison of images of ^{131}I and ^{99m}Tc .

よりもオーバーラップが少なく24時間値に近いことによって ^{123}I 摂取率の場合 6 時間値が好ましいと考えられる。 ^{131}I 摂取率時間値と同様の判定基準を用いるためには、やはり24時間値の測定を行なわなければならないが、判定基準を定めることによって、6 時間値の利用は可能であると考える。 ^{99m}Tc の甲状腺摂取は trapping phase におけるものと言われており⁵⁾、早期摂取率の ^{131}I 3 時

間値と ^{99m}Tc 15 分値の関係がよい相関を示した。 ^{99m}Tc 摂取率 15 分値と 30 分値で Basedow 群と他の疾患群に有意差を認め、trapping phase の摂取率においても Basedow 病の鑑別が可能と考えられる。

シンチフォトは一般的に目的臓器の Activity とバックグラウンドのコントラストによって描画の鮮明さが左右される。 ^{131}I および ^{123}I による 6 時間



と24時間のシンチフォトの差が肉眼的に認められなかつたことにより、短半減期の ^{123}I においては6時間の撮影が有利と考える。 ^{123}I によるシンチフォトは、 ^{131}I に比較して Basedow, Hashimoto, Euthyroid 群では差がなかつたが、Nodular goiter 群において、Cold nodule が鮮明であることが多い。このことは photon energy の差およびガンマ

カメラの検出効率の差によって、計数率が増大したことによるとも考えられるが、photon energy の組織内吸収の差に起因するものが大きいと考えられる。これは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ においても同様で、表層部がより鮮明に反映され、斜位撮影にも有効⁶⁾ であり、また、短半減期を利用して投与量を増大することにより、撮影の迅速化が期待でき、結節性疾患の鑑別および観察には特に有効と考えられる。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の場合、ヨード制限食の必要がないと言われており⁵⁾ 利点であるが、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ では充分に描出されない例があることを考えると ^{123}I の使用が好ましいと考える。

V. まとめ

- 1) ^{123}I および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は物理的特性により、大量投与の可能性、検査時間の短縮、被曝線量の軽減などの優秀性を有し、甲状腺の摂取率およびシンチグラフィー用剤として有効である。
- 2) 摂取率測定の比較で ^{123}I と ^{131}I は非常によく一致した。
- 3) ^{123}I と ^{131}I のシンチフォトの比較で、Basedow, Hashimoto, Euthyroid 群は、身体パックグランドに多少の差は認められたが、肉眼的判定はよく一致した。Nodular goiter 群においては、 ^{123}I の方がより鮮明なシンチフォトが得られることが多い。
- 4) ^{123}I は短半減期のため、シンチフォトは6時間が有利であり、摂取率も6時間値で鑑別可能であると考えられる。
- 5) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ による摂取率は15分および30分値で Basedow 群と他の疾患群に有意な差があり、シンチフォトと合わせて結節性疾患および Basedow 病の鑑別に役立つ。

なお本論文要旨は第15回日本核医学会総会において報告した。

本研究に使用したヨウ化ナトリウム (^{123}I) カプセル、過テクネチウム酸ナトリウム ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) の提供をいただいた日本メジフィジックス株式会社に深謝いたします。

文 献

- 1) 北畠 隆, 原 正雄, 佐藤一明他:本邦の人体内投与アイソトープ診療の調査. *Radioisotopes* **23**: 64-70, 1974
- 2) Berman M, Braverman LE, Burke J et al: Summary of current radiation dose estimates to humans from ^{123}I , ^{124}I , ^{125}I , ^{126}I , ^{130}I , ^{131}I , and ^{132}I as sodium iodine. *J Nucl Med* **16**: 857-860, 1975
- 3) Arnold J e, Pinsky S et al: Comparison of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and ^{123}I for thyroid imaging. *J Nucl Med* **17**: 261-267, 1976
- 4) Robertson JS, Verhasselt M, Wahner HW: Use of ^{123}I for thyroid uptake measurements and depression of ^{131}I thyroid uptakes by incomplete dissolution of capsule filler. *J Nucl Med* **15**: 770-774, 1974
- 5) 篠 弘毅, 三枝健二: IAEA 新勧告—甲状腺 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ O_4^- 摂取率測定法について—. *臨床放射線* **17**: 869-874, 1972
- 6) Karelitz JR, Richards JB: Necessity of oblique views in evaluating the functional status of a thyroid nodule. *J Nucl Med* **15**: 782-785, 1974