

^{99m}Tc -Pertechnetate 섭취곡선을 이용한 갑상선 기능판별에 대한 연구

연세대학교 의과대학 방사선과학교실

원정연 · 이미자 · 장재천 · 유형식 · 이종태 · 박창윤

— Abstract —

Functional Evaluation of Thyroid by Dynamic Uptake Slope Index using ^{99m}Tc -Pertechnetate

Won Jeoung Yeun M.D., Lee Mi Za M.D., Chang Jae Chun M.D., Yoo Hyung Sik M.D.,
Lee Jong Tae M.D. and Park Chang Yun M.D.

Department of Radiology and Nuclear Medicine, College of Medicine Yonsei University

By using ^{99m}Tc -Pertechnetate, we evaluated the thyroid function of 136 persons with uptake slope index (U.S.I.) which was calculated by computerized dynamic flow study.

Also, we compared our result of U.S.I. with those of established ^{131}I -24 hr uptake % in given materials by comparative analysis of their correlation with the hormonal values of T3, T4, Free T4.

The results were as follows:

1. The U.S.I. of euthyroidismal group and hyperthyroidismal group were 4.87 ± 2.26 , 27.67 ± 9.56 respectively.

The ^{131}I -24 hr uptake % of above groups were 29.22 ± 10.23 , and 71.45 ± 15.51 .

So the differentiation of the two groups could be done more easily by using ^{99m}Tc -Pertechnetate U.S.I. than by using ^{131}I -24 hr uptake %.

2. The correlation rates between ^{99m}Tc -Pertechnetate U.S.I. and other laboratory hormon levels, T3, T4, Free T4, are almost parallel with those between ^{131}I -24 hr uptake % and the values of T3, T4, Free T4. Also the direct correlation rate between ^{99m}Tc -Pertechnetate U.S.I. and ^{131}I -24 hr uptake % was 0.898. So, the method of thyroidal function evaluation by ^{99m}Tc -Pertechnetate U.S.I. is very reliable.
3. The ^{99m}Tc -Pertechnetate U.S.I. is very helpful to evaluate the functions of each lobe respectively in cases of having obviously different radioactivity between both lobes.
4. ^{99m}Tc -Pertechnetate used dynamic thyroid function study and scan can be performed during the short time without preparation and especially helpful in debilitated patient and patients under anti-thyroid drug therapy, who need repetitive follow-up examination.

I. 서 론

갑상선 기능검사에 쓰이는 방사선 동위원소에는 여러가지가 있으나 그 중에서 현재 갑상선 섭취율 측정과 주사에 사용되고 있는 대표적인 예는 방사성 옥소 (^{131}I) 및 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate이다.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate는 ^{131}I 과 마찬가지로 갑상선에서 섭취 (Trapping) 및 농축 (Concentration)이 이루어지므로 갑상선 섭취율 측정에 이용되어 왔으며 반감기가 짧고 Single low Energy를 방출하므로 환자에게 주는 방사선 피폭량을 줄일 수 있으며, 주사시 좋은 해상력을 얻게 될 뿐 아니라 외인성 옥소의 섭취에 영향을 받지 아니하므로 치료중인 환자나 반복 검사에도 유효한 장점이 있다. 그러나 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate를 정주한 후 20분에 측정하는 섭취율의 최고치는 정상에서 매우 낮으며 상대적으로 갑상선 주위의 경부 방사능이 높아 갑상선 섭취율을 계산하는데 많은 번거로움이 따르는 단점이 있었다. 저자들은 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate를 사용하여 전산역동학적 처리를 통한 갑상선 섭취곡선지표 (Thyroid Uptake Slope Index)를 구한 후 이들을 면역혈청학적 검사치인 T_3 , T_4 , Free T_4 를 중간 매체로 하여 기존의 ^{131}I -24시간 섭취율과 비교, 분석함으로써 보다 간편, 신속, 정확한 갑상선 기능판별의 방법을 제시하고 그 유용성에 대하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

II. 대상 및 방법

1) 대 상

저자들은 1983년 1월부터 3월 사이에 본원 동위원소실에서 갑상선 섭취율 및 주사를 시행한 환자중 임상증세, 여러가지 검사소견 및 치료결과를 종합하여 확진된 갑상선 기능항진군 (Hyperthyroidism) 40명 및 정상기능군 (Euthyroidism) 50명, 정상대조군 (Normal Control) 20명을 대상으로 하였다.

여기서 정상기능군이라 함은 갑상선 기능의 이상이 의심되어 내원하였으나 객관적 증세 및 검사소견상 정상기능을 나타내었던 경우이다. 대상의 연령 분포는 15세에서 65세 사이였으며 남녀 비율은 여자가 월등히 많았다 (Table 1). 기능판별의 기준으로서 첫째 면역혈청학적 검사치인 T_3 , T_4 , Free T_4 의 측정,

Table 1. Material

| Age (yrs) | Hyper thyroidism | | Eu thyroidism | | Normal control | |
|-----------|------------------|----|---------------|----|----------------|----|
| | M | F | M | F | M | F |
| 11-20 | 0 | 4 | 0 | 6 | 1 | 3 |
| 21-30 | 0 | 13 | 0 | 17 | 3 | 3 |
| 31-40 | 1 | 12 | 0 | 15 | 6 | 4 |
| 41-50 | 2 | 6 | 1 | 6 | 0 | 0 |
| 51-60 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 61-70 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 4 | 36 | 3 | 47 | 10 | 10 |
| | 40 | | 50 | | 20 | |

둘째 이학적 검사소견, 즉 손떨림 (Tremor), 빈맥증 (Tachycardia), 안구돌출 (Exophthalmos), 넓은 맥압력 (Wide pulse pressure) 등을 보았으며 세째로 자각증상, 즉 심계항진증 (palpitation), 체중감소 (Weight loss), 식욕증진 (Increased appetite), 발한 (Perspiration) 등을 살폈다.

2) 방 법

A. 갑상선 섭취곡선지표 측정

사용된 기구는 Pin-hole Collimator가 부착된 Gamma-Camera와 IMAC 7300 Computer이었고 다음과 같은 방법으로 갑상선 섭취곡선지표를 구하였다.

a) ① 환자는 전처치 없이 앙와위 (Supine position) 상태에서 Collimator와 경부의 거리는 15 cm으로 하였다.

② 2mCi / 0.2ml의 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate를 우측 Antecubital Vein에 급속주사 (bolus injection) 한 후 10초 간격의 영상을 20분간 Computer에 수록하였다.

③ 수록된 영상을 monitor에 재현시키면서 light-pen으로 갑상선 양엽 각각의 관심영역 (Area of Interest : A.O.I)을 설정하고 (Fig. 1) 이에 따른 시간-활성도 곡선 (Time-Activity Curve)을 구하였다 (Fig. 2).

④ 갑상선 전후의 경부방사능이 갑상선 섭취율 곡선에 영향을 주는가를 알아보기 위해 장방형의 주위영역을 설정 (Fig. 3), 시간-활성도 곡선으로 나타내었다.

b) 이상과 같은 과정으로 얻어진 갑상선 및 주위영역의 시간-활성도 곡선을 함께 나타낸 도표에서 보

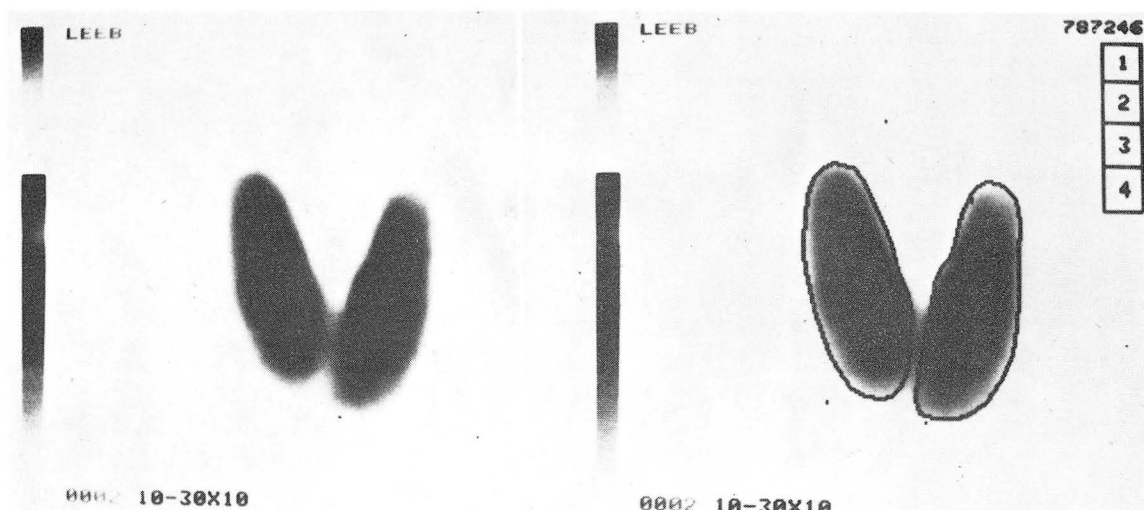


Fig. 1. Drawing of Area of interest (A.O.I) by light pen.

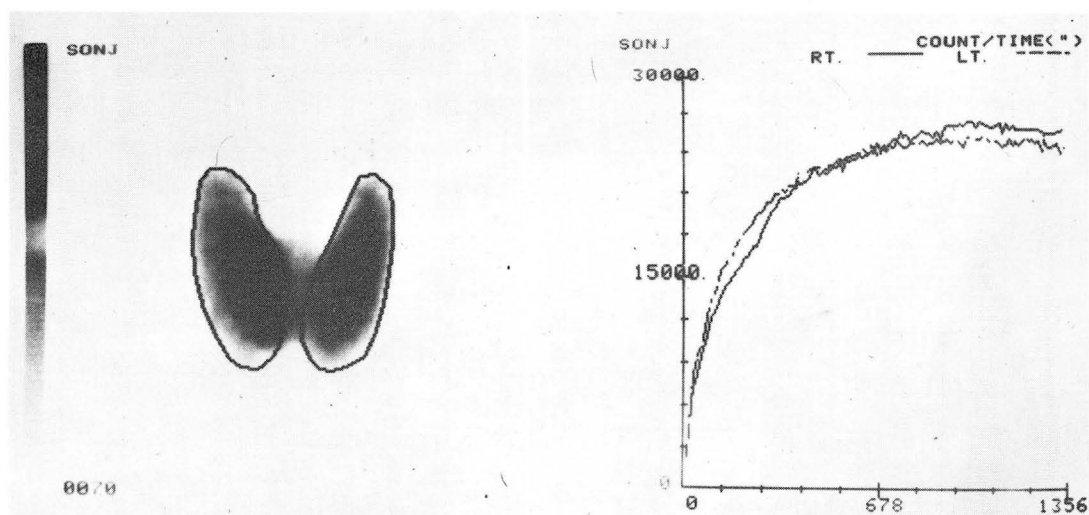


Fig. 2. Time activity curve.

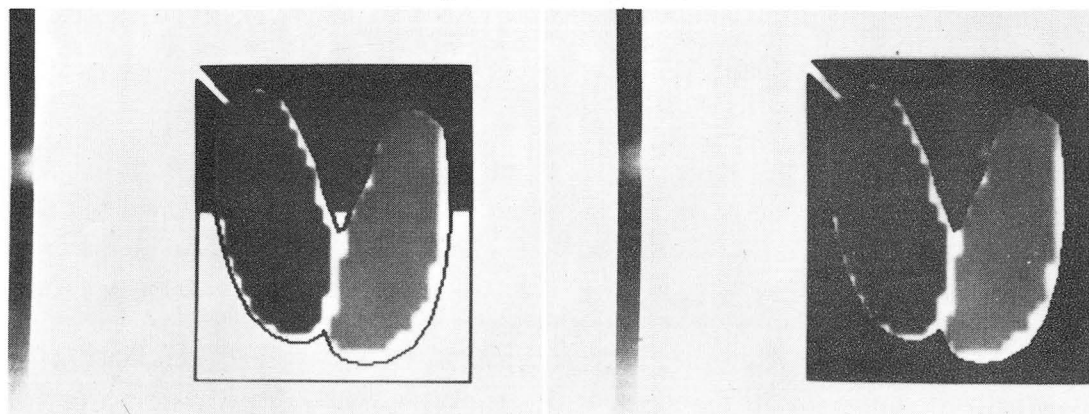


Fig. 3. Drawing of back ground area.

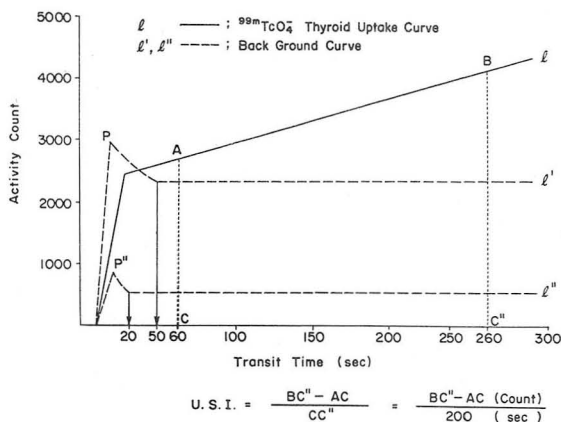


Fig. 4. Measurement of uptake slope index.

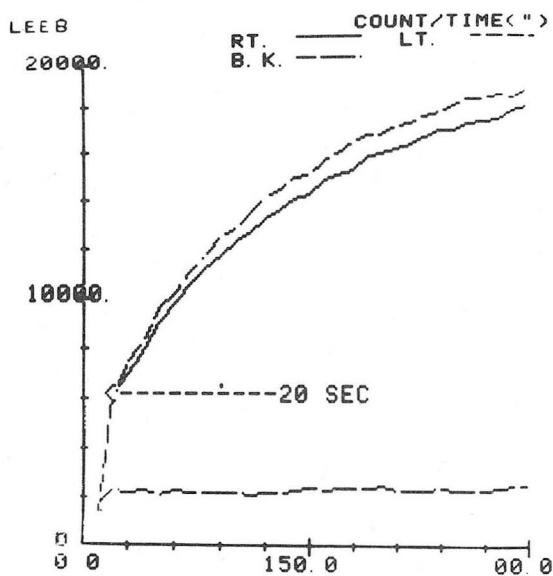


Fig. 5. A case showing plateau of back ground activity curve at 20 seconds.

면 (Fig. 4) 설정한 넓이에 따른 차이는 있었지만 주위영역 활성화 곡선 (Back-ground activity curve)은 대부분 20~30 초 늦어도 50 초까지는 안정된 고원상 (plateau)을 이루었으며 (Fig. 4, 5), 또한 갑상선 섭취곡선은 ^{99m}Tc -Pertechnetate 정주후 갑상선에서의 섭취가 활발히 이루어지는 초기일수록 경사도 (Stiffness)가 크며 직선성 (linearity)이 좋으므로 주위영역 활성화도로 부터 전혀 영향을 안 받을 것으로 생각되는 60 초부터 260 초까지의 200 초를 분모로 하고 260 초에서의 활성화도에서 60 초에서의 활성화도를 뺀 수치를 분자로 한 직선 AB의 기울기가 구하려는 갑

상선 섭취곡선지표가 된다 (Fig. 4).

B. ^{131}I - 24 시간 섭취율 측정

사용된 기기는 Scintillation Counter of Nuclear Chicago 이었으며 방법은 $50\mu\text{Ci}$ 의 ^{131}I 을 경구 투여 후 24 시간에 정부에서 25 cm 거리에서 1 분간 섭취소식자 (uptake probe)로써 측정하였다.

$$\text{섭취율 (\%)} = \frac{\text{Nech CPM} - \text{thigh CPM}}{\text{Standard CPM}} \times 100$$

여기서 Standard CPM은 실제 섭취량 및 자연소모 (decay)되는 양을 고려하였다.

c. 면역혈청학적 T_3 , T_4 , Free T_4 측정

연세 의과대학 면역혈청 검사실에서 Kit를 사용한 Radio immuno assay 방법으로 측정하였으며 그 정상치는 다음과 같다.

T_3 : 80 - 220 ng/ml

T_4 : 5 - 13 μg /ml

Free T_4 : 0.6 - 1.6 ng/ml

이상에서 얻어진 갑상선 양염 각각의 섭취곡선지표의 평균치를 각자의 대표지표로 삼았으며 기능항진군과 정상기능군과의 관계를 T_3 , T_4 , Free T_4 를 중간 매체로 하여 기존의 ^{131}I - 24 시간 섭취율과 비교, 검토하였다.

III. 성 적

1. 정상대조군 및 정상기능군

^{131}I - 24 시간 섭취율은 각각 26.64 ± 5.58 및 29.22 ± 10.23 으로서 양자간에 거의 동일한 결과를 얻었으며 ^{99m}Tc -Pertechnetate를 이용한 섭취곡선지표는 각각 3.20 ± 1.33 및 4.87 ± 2.26 의 평균치와 $1.48 \sim 6.58$ 및 $0.59 \sim 10.26$ 의 범위를 보임으로써 정상기능군이 정상대조군보다 약간 높은 평균치를 보였으나 더 넓은 오차 및 범위를 나타냄으로써 사실상 양자의 구별은 불가능하였다 (Table 2).

2. 갑상선 기능항진군

^{131}I - 24 시간 섭취율은 71.45 ± 15.51 로서 정상군에 비하여 2~2.3배 정도의 차이를 보이는데 반하여 섭취곡선지표는 27.67 ± 9.56 의 평균치 및 $10.92 \sim 59.54$ 의 범위를 가짐으로써 정상군에 비하여 6~8배의 현저한 차이를 보였다 (Table 2) (Fig. 6).

3. 기능항진군과 정상기능군에서의 섭취곡선지표와 면역혈청학적 검사치들과의 상관관계는 Table 3과 같

Table 2. Results

| Group | 99mTcO ₄ U.S.I. | | 131 I Uptake (24hr) % | |
|---------|----------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | Mean±S.D. | Range | Mean±S.D. | Range |
| Control | 3.20±1.33 | 1.48–6.58 | 26.64±5.58 | 17.07–37.59 |
| EU | 4.87±2.26 | 0.59–10.06 | 29.22±10.23 | 11.56–55.91 |
| Hyper | 27.67±9.56 | 10.95–59.54 | 71.45±15.51 | 30.04–97.26 |

** U.S.I. : Uptake slope index

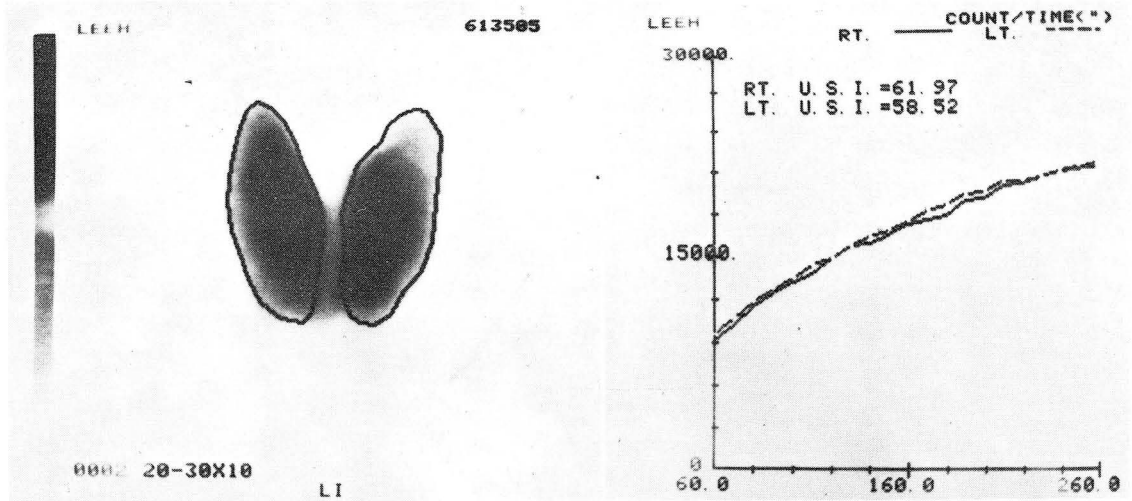


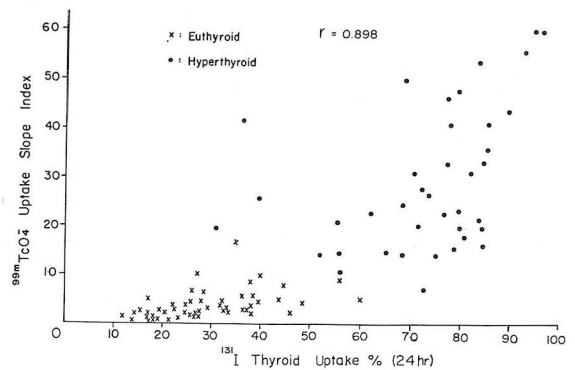
Fig. 6. Hyperthyroidism

Table 3. Correlation Coefficient (r) Between Lab Findings

| R.I.A. | Uptake slope index | 131I uptake (24hr) % |
|---------|--------------------|----------------------|
| T3 | 0.843 | 0.821 |
| T4 | 0.798 | 0.776 |
| Free T4 | 0.813 | 0.792 |

** R.I.A. : Radio Immuno Assay

으며 이는 ^{131}I - 24 시간 섭취율과 그들과의 관계와 별차가 없는 것으로 나타났다. 또한 ^{131}I - 24 시간 섭취율 및 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate 섭취곡선지표와의 직접적인 관계분포는 Fig. 7 과 같으며 그 상관비율은 0.898로 나타났다. 이상과 같은 결과들은 $p < 0.05$ 로 유효하였으며 본교에 비치된 H-P 3000 Computer를 사용하여 통계 처리방법의 하나인 SPSS (statistical package for the social sciences)의 T-test 방식에 의하여 산출되었다.

Fig. 7. Correlation between ^{131}I uptake % (24hr) $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ uptake slope index.

IV. 고 찰

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate는 6 시간의 짧은 반감기 및 베타 입자의 방출이 없으므로 환자의 피폭량이 대폭 경감되며 140 keV의 적은 양의 감마에너지를 방출함

으로써 주사시 해상력을 높인다. 또한 검사시간이 짧으면 옥소 제제보다 손쉽게 구할 수 있으며 경제적이다^{1,2,3)}.

특히 항갑상선 제재인 Carbimazole이나 L-triiodothyronine 등으로 치료중인 환자인 경우에는 이들이 갑상선 대사의 말기에 작용함으로 초기에 섭취되는 ^{99m}Tc은 별 영향을 받지 않으므로 반복 검사할 수 있으며 또한 치료의 향후 결과를 예측할 수 있다³⁾. 그러나 옥소와는 달리 그 이후의 대사과정 즉 유기적 결합(Organification)을 이루지 못하며 갑상선내에서의 교체율(Intrathyroidal turn over rate)을 알 수가 없어 기능판별에 있어서 결코 옥소제제보다 더 나은 정보를 제공하지는 못한다^{4,5,6,7)}. 이와같은 이유로 인하여 만성갑상선염의 초기 및 회복기나 가끔 문헌에 보고되는 양성 선종(benign adenoma), 퇴행성 여포선종(degenerating follicular adenoma), 여포암종(follicular carcinoma) 등에서는 유기적 결합능력이 소실되고 섭취기능만 남아 있기 때문에 ^{99m}Tc-Per technetate 만으로서는 충분한 기능판별이 불가능하다^{1,8,9,10)}. 저자들은 ¹³¹I을 이용한 주사조건 및 섭취율을 참고로 하여 위와 같이 섭취 및 유기적 결합능력 사이에 차이가 올 수 있는 예는 본 연구에서 제외함을 원칙으로 하였다.

현재 사용되고 있는 ^{99m}Tc-Per technetate 20분 섭취율의 최고치는 정상에서 0.3~3%에 지나지 않으며 상대적으로 주위 경부방사능이 높으므로 오차를 최소한으로 줄이면서 정확한 섭취율을 계산하기 위하여서는 여러 교정방법을 필요로 한다^{3,11,12)}. 예를 들면 Garreta⁴⁾ 등은 경부 두께에 따른 교정 및 추측되는 갑상선 기능에 따른 가장 알맞는 측정시간의 선정을 열거하였고 Schneider¹³⁾ 등은 절대적 섭취량에 무관한 결과를 가져오기 위하여 기준량의 평가 등을 고려하였다. 그 외에도 여러 저자들에 의하여 위와 대동소이한 문제점들이 제기되어 왔다^{14,15,16,17)}.

저자들은 Computer를 이용한 동적방법(Dynamic Method)에 의하여 위에 열거한 정적인 방법(static method)에 의하여 생길 수 있는 문제점들을 시정하였다.

저자들은 처음 50예에서 20분 동안의 시간-활성도곡선을 화면에 재현시켜 보았으며, 이들의 모습은 Schneider 등에 의하여 정적 상태의 섭취량을 시간의 흐름에 따라 연결시켜 만든 시간-활성도곡선과 거의 비슷한 모습임을 확인하였으며^{13,14,15)}, 가장 경사도

가 크고 직선성이 높은 부위는 초기단계로서 본 연구에서는 정주후 60초에서 260초 사이 200초간을 이용, 빠른 결과를 얻을 수 있었다. 또한 정적인 방법에서 가장 문제가 되었던 주위 경부방사능은 갑상선 자체 관심영역의 동적인 직선의 기울기에는 아무런 영향을 못 미친다는 점은 Fig.4에서 이미 밝힌 바이다. 본 연구의 목적인 섭취곡선지표의 신빙성 여부는 갑상선 기능판별의 가장 중심이 되는 면역혈청학적 검사치인 T₃, T₄, Free T₄를 중간매체로 한 기존의 ¹³¹I-24시간 섭취율과의 관계로써 이루어졌으며 이로써 객관적 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

갑상선 기능항진군과 정상군의 섭취곡선지표의 차이가 본 연구에서 7배 정도의 현저한 차이로 나타난 것은 Goolden³⁾, Hays⁷⁾, Schneider¹³⁾ 등의 ^{99m}Tc을 이용한 정적인 연구에서도 다 마찬가지로 일치하는 소견이다.

1971년 Ashkar¹⁸⁾ 등은 경동맥-갑상선-통과시간(Carotid-Thyroid-Transit-Time: CTTT)을 이용, 본 연구와 유사한 역동학적 방법을 시도하였다. 이는 ^{99m}Tc-Per technetate를 정주후 경동맥(Carotid Artery)이 처음 보이기 시작하는 시간부터 갑상선이 보이기 시작하는 시간차를 측정하여 2.5초를 경계로 하여 기능항진군과 정상기능군을 분류한 방법으로서 200명이 넘는 환자에서 다른 검사로써 확진된 갑상선 기능과 96%의 상관관계를 보였다고 한다. 1980년 Lee 및 Welji¹⁹⁾ 등은 동위원소 혈관조영술(Radionuclide Angiogram)을 이용한 다른 하나의 역동학적 방법을 소개하였다. 그들은 ^{99m}Tc-Per technetate를 정주후 2초 간격으로 동적인 영상을 만들었으며 30초 후에 갑상선 활성도를 경동정맥총(Carotid-Jugular bundle)의 활성도와 비교, 확실히 증가되었다고 생각되면 기능항진증, 비슷하거나 떨어져 있으면 정상기능군 내지는 기능저하군으로 분류하였다. 결과 분석은 영상의 단순시각적관찰(Simple Visual Inspection of Image)에 의하여 이루어졌으며 66명의 환자에 대하여 역행성 연구를 시도한 바 내분비학적 고찰로 확진된 갑상선 기능항진증 33명 중 24명(76%)에서 정확한 결과를 얻었다고 한다. 본 연구와 유사한 개념을 가진 위 두가지 방법은 주위 경부방사능 및 주위 장기와의 연관성이 결과 분석에 필연적인 요소가 되며 또한 육안적 주관적 편견이 개입될 소지가 많은 것으로 사료되므로 이들보다는 주위 구조물의 영향을 안 받는 갑상선 자체의 활성도만을 Computer를 이용하여 관

찰한 객관적인 방법으로서의 본 연구가 좀 더 신빙성이 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서 방법상 부수적으로 얻은 것은 각 엽의 기능과 형태를 다른 방법에서보다도 더욱 정확하게 따로 분석할 수 있는 장점이 있었다.

V. 결 론

1. 기능항진군과 정상군과의 섭취곡선지표의 차이는 약 7배로서 종래의 ^{131}I -24 시간 섭취율에 의한 두 기능군의 식별보다 훨씬 용이하였다.

2. 면역혈청학적 검사치인 T_3 , T_4 , Free T_4 와 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate를 이용한 섭취곡선지표와의 상관비율은 ^{131}I -24 시간 섭취율과 그들과의 관계와 별 차가 없었으며 특히 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate 섭취곡선지표와 ^{131}I -24 시간 섭취율과의 직접적인 상관비도 0.898로서 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetate를 이용한 섭취곡선지표의 갑상선 기능판별의 유용성은 매우 높은 것으로 사료된다.

3. 특히 갑상선 양엽의 기능에 현저한 차이가 있을 때 양엽을 따로 분리하여 평가할 수 있어 진단상에 많은 도움을 줄 수 있다.

4. 전처치 없이 약 5분 이내의 빠른 시간에 기능과 형태를 정확하게 파악할 수 있으며 노약자 및 항갑상선제제로 치료중인 환자의 반복검사에도 유효한 장점이 있다.

REFERENCES

- Goolden AWG, Glass HI, Silvester DJ : *The choice of radioactive isotopes for the investigation of thyroid disorders* ; Br. J. Radiol. 41:20-25 1968
- Rocha AFG, Harbert JC : *Textbook of Nuclear Medicine : Clinical Application p.1-40* ; Lea & Febiger, Philadelphia 1979
- Golden AWG, Glass HI, Williams ED : *Use of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ for the routine assessment of thyroid function*; Br. Med. J. 13:396-399, 1971
- Garreta AC, Fiscicas CS, Glass HI : *Measurement of the uptake of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ by the thyroid* ; Br. J. Radiol. 41:896-898, 1968
- Arnold JE, Steven P : *Comparison of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and ^{123}I for thyroid imaging* ; J. Nucl. Med. 17:261-267, 1975
- Remedios LV, Weber PM, Jasko IA : *Thyroid scintiphotography in 1000 patients: Rational use of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and ^{131}I compounds* ; J. Nucl. Med. 12: 673-677, 1971
- Maguerite TH, Betty W : *Simultaneous measurement of thyroidal trapping ($^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$) and binding ($^{131}\text{I}^-$): Clinical & Experimental Studies in men* ; J. Nucl. Med. 14:785-792, 1973
- Marijan E, Tadeja M, Marija A, et al : *Comparative accumulation of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and ^{131}I in thyroid nodules* ; J. Nucl. Med. 18:346-347, 1977
- James HT, Kenneth DB, Leonard W, et al: *Discordant imaging of a thyroid nodules with ^{131}I and $^{99\text{m}}\text{Tc}$* ; Rad. 128:705-706 1978.
- Usher MS, Arzoumanian AY: *Thyroid nodule scan made with pertechnetate and iodine may give inconsistent result*; J. Nucl. Med. 12:136-137, 1971.
- Higgins HP, Ball D, Eastham S; 20 min $^{99\text{m}}\text{Tc}$ thyroid uptake: A simplified method using the Gamma Camera; J. Nucl. Med. 14:907-911, 1973.
- Atkins HL: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetate uptake and scanning in the evaluation of thyroid function; Semi. Nucl. Med. 1:345-355, 1971.
- Schneider PB: Simple, rapid thyroid function testing with $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetate thyroid uptake ratio and neck/thigh ratio; AJR. 132:249-253 Feb 1979.
- Hurley PJ, Maisey MN, Natarajan TK, et al: A computerized system for rapid evaluation of thyroid function; J. Clin. Endocrinol. Metab. 34:354-360, 1972.
- Maisey MN, Natarajan TK, Hurley PJ et al: Validation of a rapid computerized method of measuring $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetate uptake for routine assessment of thyroid function and structure; J. Clin. Endocrinol. Metab. 36:317-322, 1973.
- Williams ED, Glass HI, Goolden AWG, et al: Comparison of two methods measuring the thyroidal uptake of $^{99\text{m}}\text{Tc}$; J. Nucl. Med. 13:159-162, 1971.
- Selby JB, Caldwell JG, Magoun SE, et al: The use of the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetate neck/thigh ratio as a test of thyroid function; Radiology 114:107-110
- Ashkar FS, Smith EM: The dynamic thyroid study; A rapid evaluation of thyroid function and anatomy using $^{99\text{m}}\text{Tc}$ as pertechnetate; JAMA 217:441-445
- Lee VE, Welji AN, Shapiro JH, et al: Radionuclide Angiography for assessment of hyperthyroidism; Radiology 142:237-238 1982.