

放射性沃素를 이용한 甲狀腺檢査에 關한 考察

東南保健專門大學 放射線科

朴 成 玉

Thyroid Examination by Use of Iodine

Sung Ock Park

Dept. of Radiotechnology, Dong Nam Junior Health College, Kyungki-do, Korea

I. 緒 論

1939年 Hamilton과 Soley는 人體의 甲狀腺을 檢査하는데 放射性의 ^{130}I 을 使用했다. 1946年 Oak-Ridge의 Nuclear Reactor로 부터 ^{131}I 이 利用되었고¹⁾ 그 後 沃素標識化合物 (Iodine labelled compound)이 利用되게 되었다. 近來 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 등이 그 長點을 利用하여 使用範圍가 넓지만 甲狀腺檢査에는 主로 放射性沃素가 利用되고 있다. 이 核種을 利用한 甲狀腺 檢査는 여러 種類가 있으나 그 各各의 檢査는 臆想線의 斷片的인 評價를 나타내는 것이고 그것이 甲狀腺疾患을 完全하게 판단해 주지는 못하고 있다. 그러므로 各 檢査에서는 그 方法과 技術이 正確分明해야 올바른 診斷情報를 提共할 수 있을 것이다. 여기에 本 著者는 甲狀腺의 沃素와의 生理的 mechanism을 소개하여 放射性 沃素를 利用한 甲狀腺의 各檢査原理에 대한 理解를 증진시키고 그 檢査 技術에 正確性을 더하고자 한다.

I. 甲狀腺의 構造 및 그 Hormone

1. 甲狀腺의 構造

甲狀腺은 모든 脊椎動物에서 볼 수 있으며 사람에서 左右葉으로 分離되어 Thyroid Isthmus에 依해 連結되어 있다. 그 무게는 一定하지는 않지만 대략 30gm 정도이고²⁾ 第2 및 第3 tracheal ring 부근에 위치하고 있다. 또 그 크기를 보면 5cm 정도의 길이, 3cm의 폭과 그리고 2cm 정도의 두께를 가지고 있다. 甲狀腺은 體 내에서 血管系가 가장 많이 分布되어 있고 血流量은 5ml/min/gm 정도가 된다. 甲狀腺

組織은 많은 濾胞 (follicle)가 있는데 그 内部는 膠質蛋白質 (colloid protein)로 차있다^{3,4)}

2. Iodine의 metabolism

음식으로 攝取된 Iodide는 Gastro-Intestinal Tract에서 急速히 吸收된다. 正常人은 甲狀腺의 機能을 위해서 하루에 100~150 μg 의 Iodide가 要求된다. 吸收된 Iodide는 血漿內로 들어가 0.4 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 의 血漿內 Iodide濃度를 維持시킨다. 甲狀腺은 血漿으로부터 Iodide를 濃縮한다. 이것은 細胞膜을 통한 Iodine ion의 能動的 移動에 依한다. 즉 甲狀腺 細胞에서 細胞內의 Na^+ 와 K^+ 을 能動的으로 移動시키는 機轉 (mechanism)과 같다. 甲狀腺細胞內로 移動하는것은 T. S. H. (Thyroid Stimulation Hormone)에 依해 活性化된다. 甲狀腺 細胞內로 들어온 Iodide는 過酸化酵素 (peroxidase)에 依해 Iodine으로 酸化하여 Tyrosin과 結合된다. 즉 Tyrosin基에 Iodine이 1개가 結合되면 Mono-iodo tyrosin (M. I. T.)이 되고 2개가 結合되면 Di-iodo tyrosine (D. I. T.)이 된다. 또, MIT와 DIT가 重合에 依해 Triiodo thyronine (T_3)이 되고 DIT가 서로 重合되어 Thyroxin (T_4)가 된다 (Fig. 1 參照). 正常人에서 甲狀腺細胞의 follicle內에 23%는 MIT, 33%는 DIT, 35%는 T_4 로 構成되어있고 7%程度는 T_3 로 構成돼 있다. 그런데 Tyrosin은 甲狀腺細胞內에서 Thyroglobulin이라는 分子량이 큰 蛋白質과 結合되어있고 血液 中으로 分泌되기 前까지는 結合된 狀態로 있게 된다. 보통 정상인의 경우에 1日間 T_4 는 80 μg , T_3 는 40 μg 程度가 分泌된다 (Fig. 2). 분리될 때 細胞內의 Lysosome과 結合後 이것의 蛋白酵素에 依해 分解되어 T_3 , T_4 는 Thyroglobulin으로부터 分離되어 血漿內로 濃度差에 依해 移動하게 된다.

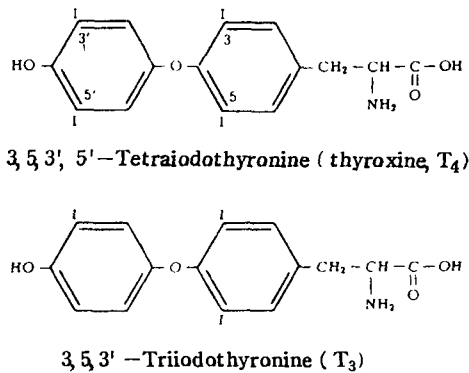
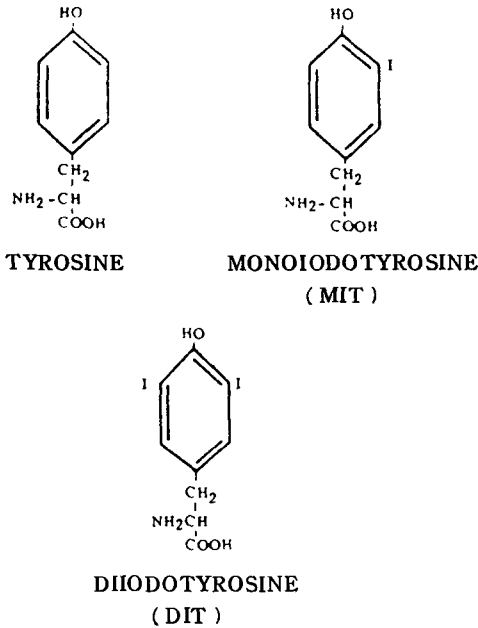


Fig. 1. Thyroid Hormone

MIT나 DIT도分離되지만細胞內的 Iodotyrosine dehalogenase에 의해血液으로는分泌되지 않는다. 正常人에서血液中에 Thyroxine (T₄)는 8μg/dl, Triiodothyronine(T₃)는 0.15μg/dl程度가存在하며 그中에서 T₄는 99%以上이血液蛋白과結合돼있고 3ng/dl程度가蛋白과結合되지 않는遊離 T₄ (free T₄)狀態로 있다.^{5,6)} T₃는 1.3ng/dl程度가 free T₃로存在한다. T₃ 또는 T₄와結合되는血液蛋白은 주로 Globulin(TBG), Prealbumin(TBPA) 등이다.⁷⁾ TBG가 TBPA보다結合親和力이 크므로大部分은 TBG와結合되고 있다. 즉혈청內 甲狀腺 Hormone의 75~80%는 TBG와, 15%程度는 TBPA와, 그리고 10%程度는 Albumin과結合돼 있다. T₃보다 T₄의蛋白質親和力이

3배정도 크기 때문에 血液內 free T₄는 free T₃보다 훨씬 적다. 甲狀腺 Hormone의蛋白質結合 Test(Protein Binding Test)는血液內的 甲狀腺 Hormone의濃度を 나타내기 위한檢査로 많이利用되며 TBG는 甲狀腺 Hormone의血中濃度を決定하는데 重要的 역할을 하고 있다. 甲狀腺 Hormone은 다른 Hormone보다比較的體內에 오랫동안 머문다. 즉 放射性沃素를利用하여一定時間後마다血液內的 甲狀腺 Hormone을測定한 결과 T₄는 1週日程度, T₃는約1日程度의半減期를 나타낸다(Fig. 2 參照). 또 甲狀腺 Hormone은 일정한 장기에 순간적으로 작용하는 것이 아니고 여러組織에長時間作用하므로 그反應이 늦게 나타나는 경향이 있다. 그 Hormone의作用을 보면細胞의 酸素消耗率이나 熱生産을增加시키는作用과消化管으로부터 Glucose 吸收率을增加시키며細胞內에서의 Glucose 利用度を增加시킨다. 또한 이 Hormone은脂肪代謝도 촉진시키며成長과骨格의 성숙에必須的이어서 이 Hormone이不足되면骨格의成長이 늦고

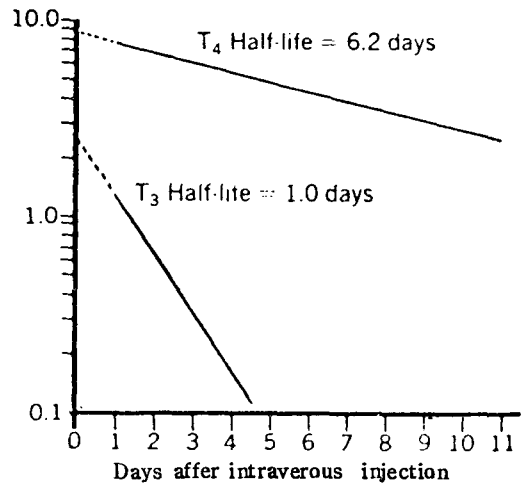


Fig. 2. RI로 표지된 T₃, T₄의血中半減期

骨端線의結合이 늦어진다. 그外 중추신경의 발달과 기능에도 직접적으로 영향을 미치고 있다.⁸⁾

3. 甲狀腺 Hormone의分泌

甲狀腺 Hormone分泌를促進시키는 가장 重要的因子는 허하수체 前葉에서 분비되는 甲狀腺刺戟 Hormone(T.S.H)이다. TSH는 甲狀腺 Hormone 분비의 모든過程을 活性化시킨다. TSH를 분비시키는原因의 하나는血液 中 甲狀腺 Hormone의濃도가 낮을境遇이다. 血中에는血液蛋白과結合된 Hormone과 遊離狀態의 Hormone은平衡狀態를 이루고 있다. Free-T₄나,

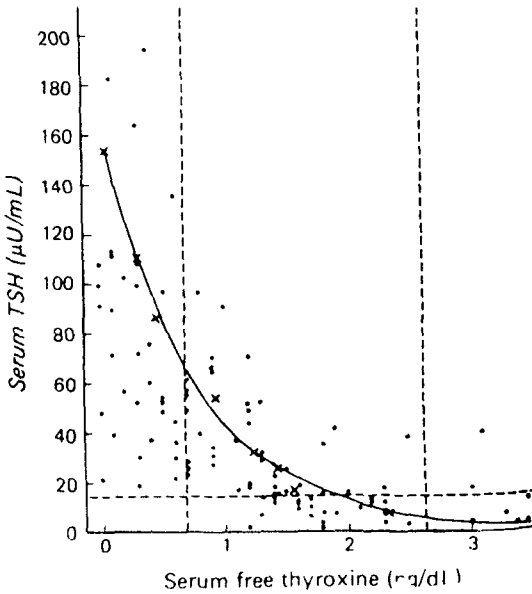


Fig. 3. 血中 Free thyroxin 과 TSH와의 관계

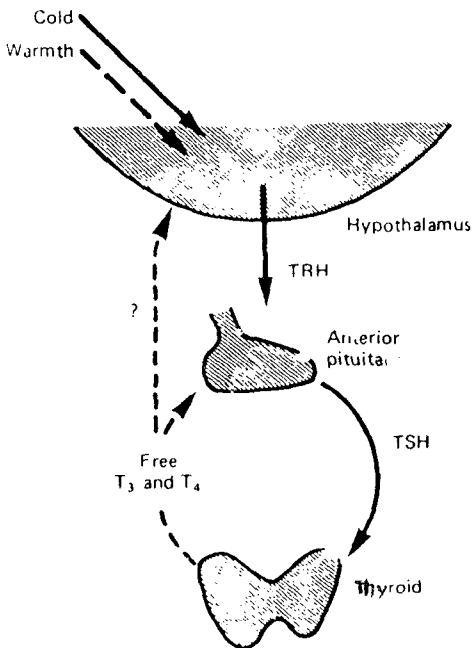


Fig. 4. 감상선 호르몬의 분비 cycle

Free-T₃의 量이 增加되면 TSH의 分泌가 억제되며 Free Hormone 量이 減少되면 TSH 分泌가 촉진된다 (Fig. 3 參照). 또한 추운 환경에서는 視床下部에서 遊離된 TRH(TSH Releasing Hormone)에 依해 TSH 分泌가 促進된다. 그 外에 甲狀腺 自體가 血漿內의 Hormone 濃度에 依하여 自己調節도 한다. 즉 血漿內 T₃ 나 T₄의 濃度가 높아지면 TSH나 TRH의 分泌가 減少됨에 따라 甲狀腺 Hormone 分泌가 減少되어 Hormone 濃度를 一定하게 유지시킨다. 이것을 negative feed back effect 라고도 한다(Fig. 4 參照).

Ⅲ. 放射性 沃素를 利用한 甲狀腺 檢査

沃素性分을 攝取하면 前述한 바와 같이 주로 甲狀腺 으로 集積된다. 放射性 沃素를 利用한 甲狀腺의 機能 및 그 形態學的 檢査를 보면 대략 다음과 같다.

1. 甲狀腺 吸收率 檢査^{9,10)}

空腹狀態의 患者에게 放射性沃素를 口腔으로 50~100 μCi 程度 投入한 後 特定時間이 經過한 後 甲狀腺에 放射性沃素의 集積率을 測定하는 方法으로 甲狀腺의 機能을 알 수 있다. 卽 甲狀腺의 機能과 比較하여 集積된 放射性 沃素에서 放出된 γ線을 體外에서 計數機를 利用 測定한다. 甲狀腺과 Detector 와의 距離는 約 25 cm 程度를 維持하고 測定되는 計數値는 甲狀腺의 計數値와 甲狀腺外計數値(BKG)를 區分해야 한다. 放射性沃素를 投入後 24 時間이면 보통 甲狀腺內에 最高로 集積된다. 甲狀腺의 吸收率은

$$\frac{\text{患者의 甲狀腺의 cpm-BKG}}{\text{患者에게 投入한 放射性沃素의 cpm-BKG}} \times 100(\%)$$

로 算出되며 正常人의 境遇 24 時間 吸收率은 보통 27~40%, 機能抗進症은 60%以上, 機能低下症은 10% 未滿으로 表示된다. 그러나 境遇에 따라서 2時間, 6時間 그리고 8時間 등에도 그 吸收率을 測定하기도 한다. 이 檢査를 위해서 甲狀腺에 대한 藥品은 적어도 2週以上 檢査前에는 服用을 禁해야 하고 沃度性分을 含有한 음식도 攝取하지 않아야 하며 妊娠婦 또는 授乳婦에게는 이 檢査를 絶對로 避해야 한다는 등의 注意事項이 있다.

2. 甲狀腺刺戟 Hormone 檢査(Thyroidstimulation Test)

甲狀腺 刺戟 Hormone(TSH)은 甲狀腺 Hormone의 合成을 促進시켜 그 Hormone 分泌를 增加시킨다. 보통 正常人 血漿內 대략 2.9 μu/ml 程度의 甲狀腺 刺戟

Hormone이 存在하고 그 壽命은 54 分의 半減期를 가지고 있다. 하루 分泌量은 160 mu 程度이다. 甲狀腺刺戟 Hormone은 血中 T_3 와 T_4 등에 依해 相互平衡관계에 있으며 ¹¹ 血漿內 TSH(Thyroid Stimulation Hormone)의 濃度を 測定하는 것은 源發生 또는 續發性 甲狀腺의 機能低下症을 檢査할 수 있으며^{12,13}이 境遇 甲狀腺의 治療結果도 알 수 있다. 또 甲狀腺의 ¹³¹I 吸收率이 낮은 境遇 TSH를 患者에게 投入하여 그 吸收率이나 形態學的 檢査를 하면 甲狀腺自體의 缺陷이나 또는 腦下垂體性 缺陷등을 判定할 수 있다¹⁴.

즉 腦下垂體性 缺陷에 의한 甲狀腺 機能低下의 境遇에 있어 TSH를 投入하면 그 刺戟으로 甲狀腺의 吸收率이 增加되지만 甲狀腺自體의 缺陷時는 變化를 보이지 않는다 (Fig. 5 參照).

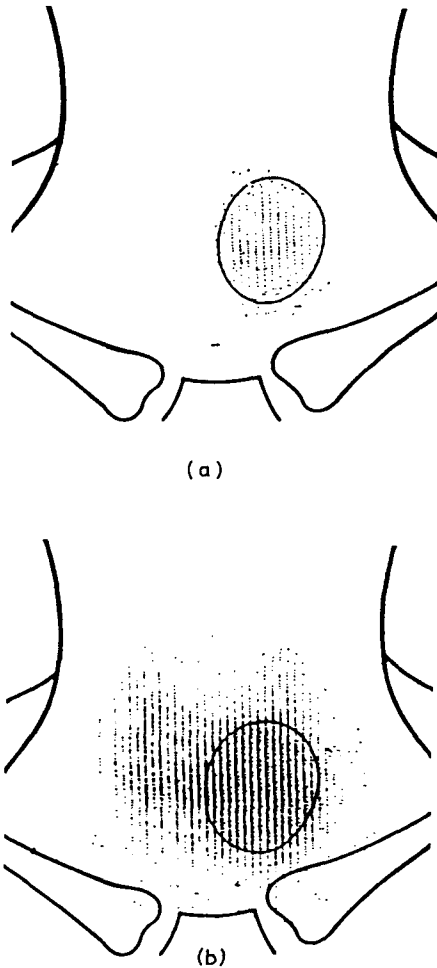


Fig. 5. a) Toxic Adenoma of Thyroid
b) After an Injection of TSH

3. Thyroid Hormone Suppression test¹⁵)

正常人에서는 一定量의 甲狀腺 Hormone을 投入시키면 그 機能이 억제되는 現象을 볼 수 있으나 Thyrotoxicosis(甲狀腺 重毒症)의 境遇에는 그 現象이 나타나지 않는다. 甲狀腺 Hormone인 T_3 와 T_4 를 投入하고 Hyperthyroid와 Euthyroid를 區分할 수 있는 것은 이러한 反應을 利用한 것이다. 檢査에 使用되는 甲狀腺 Hormone은 T_4 보다 T_3 가 그 效果가 좋으며 便利하다. 보통 Triiodothyronin(T_3)100 μ g 程度를 約 7 日間 매일 經口로 投入하고 早期吸收率(2 時間, 4 時間...) 또는 24 時間 吸收率을 測定한다. 그 結果 Euthyroid의 境遇, 그 吸收率이 뚜렷이 減少되나 Hyperthyroid의 境遇는 增加되거나 變化를 보이지 않기도 한다.

4. Perchlorate test

1957 年 Morgan과 Trotter는 ¹³¹I을 投與한 數時間後 Potassium perchlorate를 投入하고 Iodide의 有機化의 缺陷을 檢査했다.¹⁶ ¹³¹I을 經口로 投與한後 1~2 時間에 400 mg 程度의 Potassium perchlorate를 亦是 經口로 投入시킨다. 그 後 1 時間동안 10 分 간격으로 ¹³¹I-甲狀腺 吸收率을 測定한다. 正常人에서는 Potassium perchlorate를 投入하기前 그 吸收率의 15% 以下가 流出(discharge)되고 甲狀腺의 有機化에 缺陷이 있는 患者의 경우는 15% 以上 流出된다.

5. Protein-bound ¹³¹I test

¹³¹I을 投入시키면 甲狀腺Hormone과 함께 甲狀腺에 縮積되고 血漿蛋白과 結合되어 血流속에서 存在하게 된다. 血流內에서 Hormone의 結合率은 主로 甲狀腺內에서의 有機化·Iodine의 量에 依해 影響을 받는다. 血漿內 Protein bound-¹³¹I(PBI)檢査는 甲狀腺 Hormone 分泌의 指數的 關係를 나타내고 있다. 즉 이 檢査는 Hormone 化한 I의 分泌에 基本을 둔 檢査라기 보다는 Hormone 生産과 더 직접적인 關係를 나타내며 Iodine의 濃縮 Capacity를 測定하는 檢査로서 檢査前 甲狀腺治療를 받지 않은 患者에 있어서 甲狀腺機能 抗進症을 檢査하는데 많이 利用된다. 甲狀腺疾患을 治療한 患者에게서는 가끔 잘못된 結果가 나타나기도 한다. 즉 수술 후 Euthyroid가 된 사람이나 ¹³¹I-治療를 받은 사람은 가끔 PBI ¹³¹I 값이 높아지며 이런 現象은 甲狀腺 수술 후 myxoedematous(점액수종)의 경우에 특히 나타난다. 가끔 non-functioning thyroid carcinoma로 대치된 정상 갑상선에서도 PBI ¹³¹I의 값이 높아진다. 正常 甲狀腺과 機能抗進의 甲狀腺에서 24 時間의 PBI ¹³¹I에 값은 상당한 差異가 있고 48 時間 값은 두

러한 差異가 심하게 생긴다. PBI ¹³¹I의 檢査評價는 蛋白質에 Radioactive-¹³¹I이 80~90% 濃縮돼 있는 投入後 48時間에 行하는 것이 좋다.

6. Invitro thyroid function test

放射性沃素로 標識된 甲狀腺 Hormone을 利用하는 이 檢査는 血流內 甲狀腺 Hormone의 濃度를 測定하는 方法으로 1957年 Hamolsky, Stein 그리고 Feenberg는 ¹³¹I-T₃를 利用하여 혈청단백을 檢査했다. 放射性沃素中 ¹²⁵I는 半減期가 적당하고 순수성이 크므로 T₃나 T₄와 標識시켜 많이 利用되고 있다.

7. Uptake of labelled T₃ by the red cell

標識된 ¹²⁵I-T₃를 채혈한 血液에 넣어 培養시킨후 red cell을 세척하고 여기에 固着된 放射能을 計測하여 最初에 投入한 ¹²⁵I-T₃와의 백분율로 診斷을 내릴 수 있다. T₃, T₄는 主로 TBG 그리고 Albumin 등과 結合되어 있고 TBG는 T₃보다 T₄와 더 큰 親和力을 갖고 있다. T₃, T₄와 結合되지 않은 것을 free TBG Capacity라 부르며 이 檢査의 값은 free TBG Capacity에 主로 依存한다. 즉 free TBG Capacity는 Serum內 Thyroxin의 濃縮에 影響을 主로 미치고 있다. Total TBG Capacity의 量的 變化는 T₃ uptake test에 상당한 影響을 미친다. Estrogen이 投入된 경우나 임신부의 경우에서는 TBG Capacity가 상당히 增加되므로 이에 有意해야 한다.

이 檢査結果 正常측정치는 14.7~20.3%의 範圍에 있으나 平均 17.5±1.4%로 나타난다. 投入되는 ¹²⁵I-T₃는 血液 1cc 당 0.01~0.03 μCi (Specific activity 25 μCi/μg) 程度가 利用되고 혈액과 희석하여 37°C

에서 30分間 Incubation시킨다. 3~4회부드럽게 흔들어서 다음 Polyethylene Container에 나누어 그放射能을 測定하고 생리식염수 5cc를 각각 첨가시킨 다음 5分間 3000 rev/min로 centrifuge시켜 3회정도수세한다. 그리고 그放射能을 計測하여 그結果 red cell中 ¹³¹I-T₃ 吸收率은 $\frac{f \times 100 \times 100}{h}$ 로 算出한다. f는 red cell의 ¹³¹I 吸收值, h는 blood sample中 Hematocrit 值를 나타낸다. 이 檢査에서 Hematocrit 值가 30보다 적거나 55보다 많으면 檢査結果가 좋지 않으므로 檢査前 Hematocrit 值를 測定해야 한다. 또 水洗는 3~4회가 적당하며 수세회수에 따른 uptake 값의 變化는 graph와 같다(Fig. 6).

8. Uptake of labelled triiodothyrosine by a resin

Red cell 대신 Ion-Exchange resin을 使用한다. 즉 ¹³¹I-T₃ 1ml (0.01~0.03 μCi)를 試料 Serum 1cc와 희석한다. Well Type Scintillation Counter로放射能을 計數한後 resin sponge를 넣고 Plastic Bar를 利用, Sponge의 air를 제거하여 ¹³¹I-T₃가 Sponge內로 스며들게 한 후 20°C로 1時間동안 Incubation시킨後 Serum ¹³¹I-T₃ Mixture가 吸收된다. 이 Tube內 4~5ml의 물을 첨가한 후 Sponge를 다시 짜내서 2~3회 水洗시킨다. 간부放射能을 計數測定하고 全投與放射能과의 백분율로 産出한다. 正常範圍는 23.2~32.6%이다. ¹³¹I-T₃內 Inorganic ¹³¹I은 거의 100% resin에 依해 結合되기 때문에 error의 原因이 되고 溫度가 올라가면 uptake도 增加되므로 주의해야한다. resin에 依한 ¹³¹I-T₃ uptake는 Fig. 7과 같다. 이 方法은 檢査技術이 간단하고 hematocrit 値에 影響이 없는 長點을 가지고 있다.

9. Gel Filtration Method

T₃-red cell Test나 T₃-resin test의 原理와 유사한 檢査方法으로 ¹⁷⁾ T₃와 標識된 Serum을 Sephadex G-25 Column과 희석하여 檢査하는 方法으로 radioactive Iodide와 T₃와 標識하는데 있어 放射性오염으로 因한 error를 제거할 수 있는 長點이 있다. 즉 Serum 1ml에 ¹²⁵I-T₃ 0.03 μCi의 比率로 희석하고 室溫에서 20分後에 Protein bound ¹²⁵I-T₃를 受集한다. 緩衝劑를 첨가하고 Sephadex G-25에 free T₃가 모이게 하여 protein bound ¹²⁵I-T₃와 free T₃와의 比를 算出하는 方法으로 그 比率의 正常 範圍를 0.05~0.10程度로 정의하고 있다.

10. Determination of thyroxin by saturation analysis

1964年 Murpy와 Pattee가 이 檢査의 原理를 開發했다. 그 基本은 T₄의 TBG와 Albumin과의 結合에 關係된다. 알고 있는 量的 安定한 T₄를 TBG-T₄-¹²⁵I와 희석한다. T₄는 TBG와 結合되고 Free T₄ 상

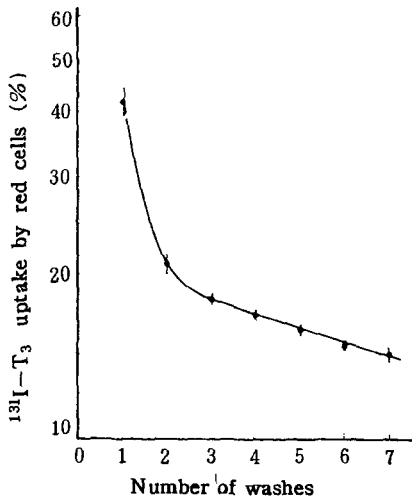


Fig. 6. 水洗횟수에 따른 uptake 變化

Table 1. Principal physical properties of radioactive isotopes used in the investigation of thyroid disorders

Isotope	Half-life	Average β -ray energy (keV)	Equivalent β -ray energy due to x-rays (keV)	K-factor(<i>r</i>) (R/mCi per hour at 1 cm)	Predominant γ -ray energy (keV)	Radiation dose to adult thyroid mrad/ μ Ci(1)	Radiation dose to foetal thyroid (mrad/ μ Ci) administered to mother(2)
¹³¹ I	8.06 days	190	0	2.25	364	1,520	830
¹³² I	2.3 hours	490	0	11.8	670,780	23(3)	76(3)
¹²⁵ I	60 days	0	21	0	27	1,120	85
¹²³ I	13 hours	0	31	0.646	159	42(4)	85(4)
^{99m} Tc	6 hours	0	14	0.56	140	0.2×10^{-3} (5)	-

- (1) Assuming a maximum uptake of 30 per cent, a gland size of 25 g, a biological half-life of 138 days, a half-period of uptake of 5 hours and an equivalent radius of 1.81 cm
- (2) Calculated by substitution of the relevant physical factors in the formula of Aboul-Khair et al. (1966)
- (3) Assuming a 0.5 per cent ¹³¹I impurity
- (4) Doses calculated on impurity levels with current methods of production and assuming no delay in administration following production (Goolden et al., 1968)
- (5) Assuming an uptake of 1.5 per cent

比放射能이 높고 순수하므로 그 使用量을 줄일 수 있으며 쉽게 구입될 수 있다.¹⁵⁾는 경제성을 들 수 있지만 ¹³¹I은 β 線도 放出하기 때문에 診斷時 患者의 피폭선량이 높아 그 단점의 하나를 나타내고 있다(表 1 參照). ¹³²I은 ¹³²Te의 同位素로서 그 半減期가 2.3 時間으로 ¹³¹I보다 짧기 때문에 2時間 uptake 나 Neck/thigh의 early uptake rate 測定에 적합하다. 그러나 ¹³²I의 γ -Energy는 670 keV, 780 keV의 高 Energy로 Scan 에는 적합치 못하다. ¹²⁵I은 ¹²⁴Xe을 中性子로 活性化하여 만들 수 있고 半減期는 60 日로 T₃, T₄와 標識시켜 많이 利用한다. ¹²³I은 半減期가 13 時間으로 Cyclotron에서 만들어지며 甲狀腺機能檢査에 많이 利用된다.

^{99m}Tc은 ⁹⁹Mo의 同位素로서 γ 線 Energy는 142 keV, 반감기는 6 時間으로 주로 甲狀腺 Scan에 利用되고 있다.¹⁹⁾

V. 結 論

各種 甲狀腺疾患에서 그 診斷方法은 다양하나 各各의 方法들이 완벽하게 그 機能을 반영한다고 보기에는 어려우므로 診斷에 正確한 情報을 제공하기 위해 그 基本原理를 理解하고 技術을 完全히 익혀 나아가야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. E. H. Belcher, H. Vetter; Radioisotopes in medical diagnosis. 605-612, 1971.
2. Henry Gray, F. R. S: Anatomy of the human body, Lea & Febiger, pp 1341, 1973.
3. 姜斗熙; 生理學, 新光出版社, p 14-19, 1981.
4. Weston D. Gardner, William A. Osburn; Structure of the human body, W. B. Saunders Co. pp. 384~385, 1967.
5. 李慶子, 高昌舜, 李文鎬: 血中 Thyroxine 結合 - TBG의 T₄結合, 大韓核醫學會雜誌, 제 7권 제 2호, p 1~9, 1973.
6. Robbin, J and Rall J. E.: Hormon transportation in circulation, Vol. 13, p 161, 1957.
7. Deiss, W. P. Albright, E. C. and Larson, F. C.: A study of the nature of the circulating thyroid hormone in euthyroid and hyperthyroid subjects by use of paper, Electrophoresis, Vol. 31, pp, 1000, 1952.
8. Arthur C. Guyton M. D.; Textbook of medical physiology, W. B. Saunders Co, pp 934~936, 1981

- 9 . Paul J. Early / Muhammad Abdel Razzak : Nuclear medicine technology, pp 325~347, pp 295~318, 1975.
- 10 . Sheldon Baum, Roland Bramlet ; Basic nuclear medicine, Appleton Century - Crofts, p 57~85, 1975.
- 11 . Robert C. Lange ; Nuclear medicine for technicians, Yearbook Med. publisher. p.100 , 1972.
- 12 . 金東集 : 甲狀腺 기능검사에서 의 Invitro Test, 大韓核醫學會雜誌, 제 9 권, 제 1 호, p. 5, 1975.
- 13 . 石光鎬 外 : 血中 甲狀腺刺戟 ฮอร์โมน測定의 診斷의 意義에 關한 研究, 大韓核醫學會雜誌, 제14 권, 제 2 호, p. 53~59, 1980.
- 14 . Sheline, G. E. and McCormack, K. : Solitary hyperfunctioning thyroid nodules, Vol. 20, pp.1401, 1960.
- 15 . 慶光顯 : 核醫學 檢査技術學, 高文社, pp. 229 -260. 1981.
- 16 . Morgans, M. E. and Trotter, W. R. : Defective organic binding of iodine by the thyroid in Hashimoto's Thyroiditis, pp. 553, 1957.
- 17 . Cuaron, A. : Relationship between the invitro uptake of ¹³¹I - tri- iodothyronine by erythrocytes and its binding by serum proteins in thyroid disease, p. 53, 1966.
- 18 . Henry N. Wagner : Nuclear medicine, H. P. publishing Co., pp. 127~152, pp. 225~238, 1975.
- 19 . Andros G. Harper, P. V. Lathrop, K. Ao and McCordle, R. J. : Pertechnetate -99 m, localization in man with applications to thyroid Scanning and the study of thyroid physiology, pp 1067, 1965.