

## 移植腎의 急性拒否反應에 있어서 $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA 腎스캔의 診斷的 價值에 관한 研究

A study on  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA Renal Scan in Acute Rejection of Transplanted Kidney

서울大學校 醫科大學 內科學教室

高昌舜·朴正植·表希政·金聖權·李明哲·趙普衍·李正相

### 緒論

腎臟移植으로 慢性腎不全患者의 생존기간이 크게 연장되었으나 아직도 移植後에 발생하는 여러 가지 합병증은 극복되어야 할 과제로 남아 있다. 특히 수술직후부터 수 주일동안은 수술로 인한 혈관이나 요로의 폐쇄등은 물론, 急性細尿管壞死 또는 急性拒否反應등 합병증의 빈도가 높으므로 이에 대한 빠르고 정확한 감별진단과 치료가 요망된다(Monaco, 1979).

1964年 Loken 등이 移植腎에서 放射性同位元素을 사용한 renogram을 시행한 이래 腎스캔은 안전하고 간편하며 반복검사가 용이한 非創傷的 방법으로 移植腎의 기능평가에 널리 이용되어 왔으며 특히 수술후의 합병증을 진단하는데는 그 유용성이 높이 인정되어 있다(Welss 등, 1968; Zum Winzel 등, 1974; Salvatierra 등, 1975; Freedman 등, 1975; Hader 등, 1975; Texter와 Haden, 1976).

한편  $^{99m}\text{Tc}$ 標識 放射性 藥品의 사용으로 인해 종래의  $^{131}\text{I}$ 製剤보다 더 명확한 解剖學的 影像을 얻을 수 있게 되었으며 (Dubovsky 등, 1975; Pavel 등, 1976), 최근에는 컴퓨터를 이용한 腎血管灌流相의 분석을 통하여 急性拒否反應과 急性細尿管壞死의 감별진단이 가능하게 되었다(Delmonico, 등 1977; Hilson 등 1978; Cahill과 Hurley, 1978; Clorius 등, 1979; Preston과 Luke, 1979; Shanahor, 1981.).

著者들은 腎臟移植患者에서  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA (diethylenetriamine pentaacetic acid)를 경맥주사한 후 컴퓨터를 이용하여 血管相(vascular phase)의 時間一放射能曲線(time-activity curve)에서 몇 가지 灌流指標를 구하여 移植腎의 急性拒否反應에 있어서 이들의 진단적 가치에 관한 몇 가지 성격을 알아보기 위해 보고하는 바이다.

\* 본 연구는 1981년도 삼미문화재단 연구비의 보조로 이루어 진것임.

### 對象 및 方法

#### 1. 對象

對象은 1979年 3月부터 1982年 8月 사이에 서울大學校病院에서 腎臟移植手術을 받았던 慢性腎不全患者 26명(남자 21, 여자 5)으로 연령분포는 17세에서 52세까지 있다.

이들 중 23名은 살아 있는 친족으로부터 신장을 제공받았고 2명은 혈연 관계가 없는 타인으로부터 제공받았으며 1명은 屍體腎을 이식 받았다.

신스캔은 이식수술후 1, 3, 5, 7일에 시행하였으며 그 외에 임상적으로 急性拒否反應, 腎細尿管壞死, 尿路閉鎖 등 이식신의 기능장애가 의심되거나, 있을 때 시행하였다.

急性拒否反應의 진단은 임상적으로 별일, 체중증가, 소변량의 감소, 血壓上昇, 移植腎의 압통 및 肿脹 등 임상소견과, 혈청 creatinine 및  $\beta_2$ -microglobulin의 상승, 단백뇨, 소변 sodium 배설의 감소등 검사실 소견을 바탕으로 하였으며, 이는 다량의 腎皮質steロ이드 투여에 대한 반응 등으로 확인되었다(Shield 등, 1979; Strow 등, 1981.)

#### 2. 方法

腎스캔은 仰臥位로 하고 환자의 전면에서 실시하였으며, 腹部大動脈, 移植腎 및 膀胱이 포함되도록 하였

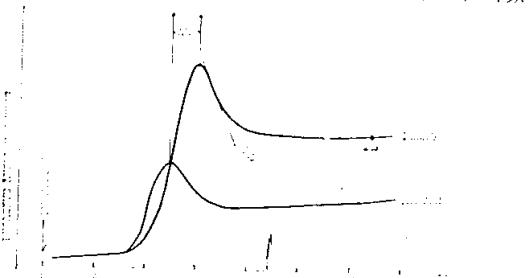


Fig. 1. Time-activity curve of vascular phase.

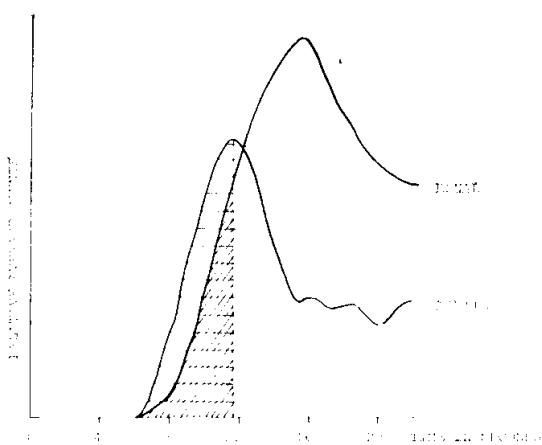


Fig. 2. Time-activity curve of vascular phase.

Perfusion index (%)

$$= \frac{\text{Area under aortic curve to peak}}{\text{Area under renal curve}} \times 100$$

다. 15mCi의  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA를 前臍靜脈에 순간 주사한 후 persistence scope에 腹部大動脈이 나타난 때부터 처음 30초동안의 血管相(vascular phase)에서는 매초마다 영상을 컴퓨터에 수록하여 滲流스캔(perfusion scan)으로 삽았으며, 그 후 25分간 20秒間隔으로 수록한 것은

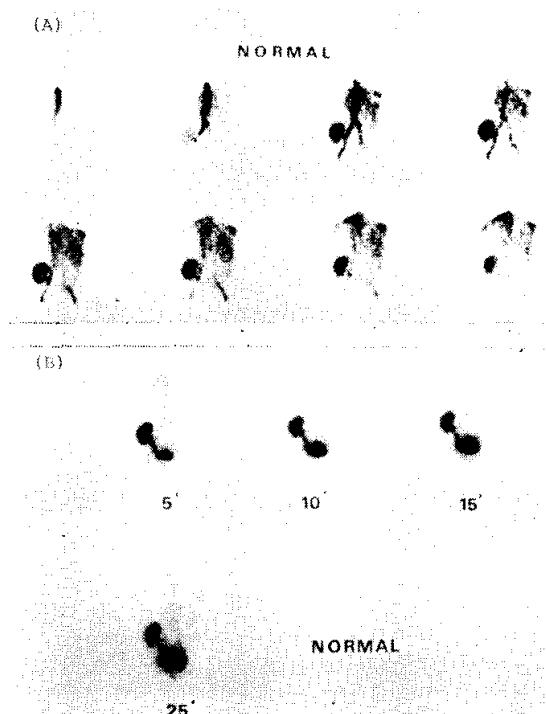


Fig. 3. Perfusion(A) and sequential(B) scan of normal renal graft.

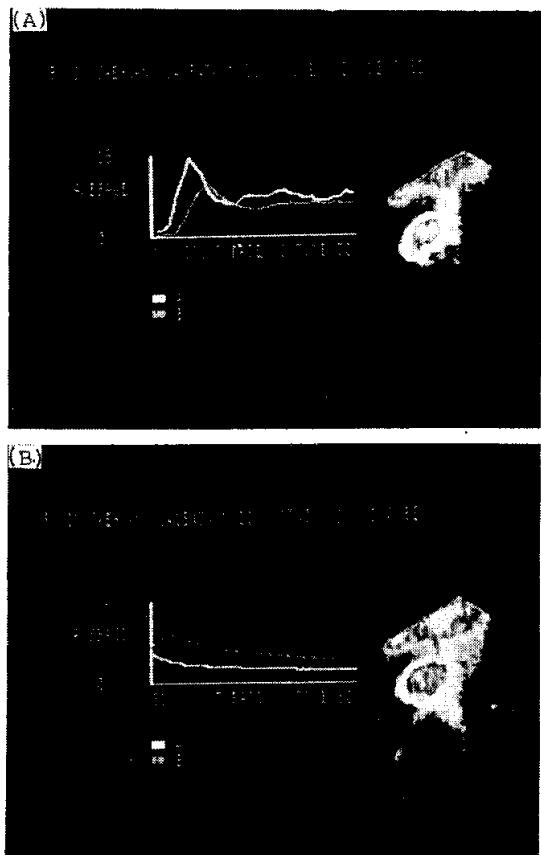
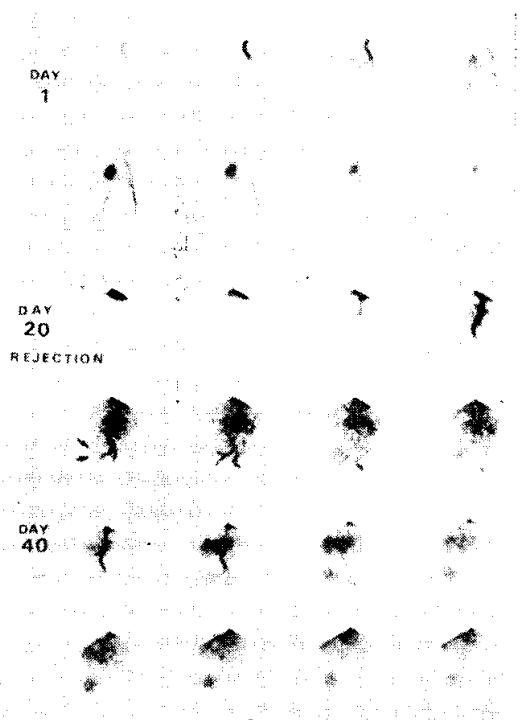


Fig. 4. Perfusion curve(A) and renogram(B) of normal renal graft. Regions of interest are also demonstrated.

腎實質相(parenchymal phase) 및 排泄相(excretory phase)의 경시적 침영상(sequential renal scan)으로 삽았다. 동시에 이 影像에서 腸骨動脈으로 分枝하기 직전의 腹部大動脈 부위와 移植腎 부위의 放射能을 計測하여 大動脈과 移植腎의 時間 放射能 曲線(time-activity curve)을 구하였으며 移植腎의 曲線은 血管相의 滲流曲線(perfusion curve)과 實質 및 排泄相의 renogram으로 구분하였다.

滲流曲線에서는 다시 컴퓨터를 이용하여 다음과 같은 네 가지의 지표들을 구하여 이들을 腎滲流의 客觀的指標로 삽았다(Fig. 1, 2). 이들 지표들은 첫째, 大動脈曲線(aortic curve)의 頂點에서 腎曲線(renal curve)의 頂點까지의 移行時間(transit time)인  $\Delta T$ 를 구하였다. 둘째, 腎曲線 頂點의 放射能과 高平部(plateau)의 放射能의 비율, 즉 peak to plateau ratio를 구하였다. 셋째, 大動脈曲線의 頂點에서 垂直線을 그어 大動脈曲線 밑의 面積과 腎曲線 밑의 面積의 비율을 구해 滲流指數(perfusion index)로 삽았다(Hilson 등, 1978). 네

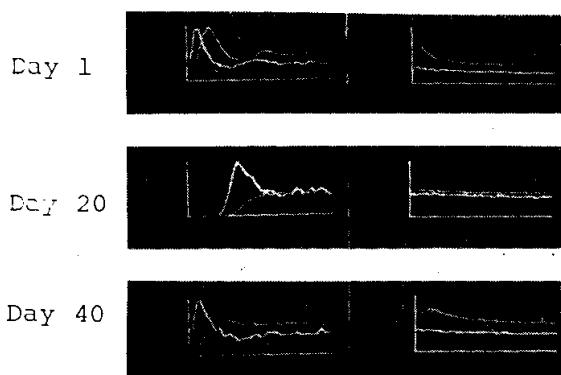


**Fig. 5.** Serial renal scan images in a patient with an episode of acute rejection on the 20th postop. day who recovered after steroid therapy.

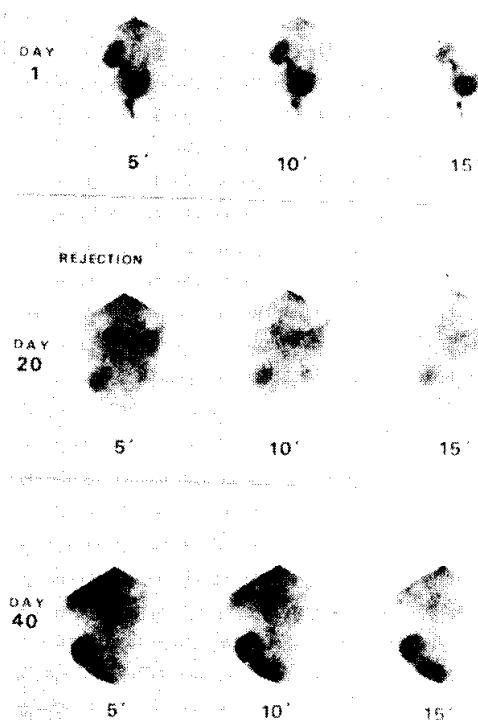
제로 腎曲線의 頂點後 6秒에서 10秒까지의 曲선을 기준으로 放射能이 半減될 때까지의 시간, 즉  $T_{\frac{1}{2}}$ 를 구하여 washout의 指標로 삼았다(Preson과 Luke, 1979.) 以上의 方法으로 구한 腎影像 및 時間-放射能曲線, 그리고 腎灌流의 지표들을 臨床診斷에 따라 比較하고 그 診斷的 價値을 檢討하였다.

## 成 績

腎移植手術을 받았던 26명의 환자에서 案例중 유무



**Fig. 6.** Serial time-activity curves in the same patient on Fig. 5.



등의 경과관찰을 위하여  $^{99m}$ Tc-DTPA 신스캔을 시행함으로서 다음과 같은 성과를 얻었다.

### 1. 正常 移植腎의 腎스캔

移植腎의 기능이 정상이었던 경우의 灌流스캔을 관찰하면 순간정맥주입에 실례하였던 2번을 제외한 全例에서 大動脈이 나타난 후 곧 腸骨窩에 위치한 移植腎에 放射能이 나타나며 이어서 빠르게 없어진다. 뒤이은 連續스캔에서도 腎實質에 놓축되었던 放射能이 腎盂, 輸尿管을 거쳐 膀胱으로 산 배설되는 것을 관찰할 수 있다(Fig. 3).

또한 時間-放射能 曲線에서 灌流曲線을 관찰하면 大動脈曲線의 頂點에 이어 곧 腎曲線의 頂點이 빠르게 나타났다 없어지며, renogram上에서도 놓축과 배설이 잡 되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 4).

### 2. 急性拒否反應의 腎스캔

急性拒否反應의 경우를 관찰하면 全例에서 移植腎에 나타나는 것과 없어지는 정도가 低下 또는 遲延되어 있고 방광으로의 배설이 거의 관찰되지 않았으며, 灌流曲線에서는 腎曲線의 頂點이 지연되면서 낮고 완만하였으며 renogram에서도 놓축 및 배설이 약되는 것을 관찰할 수 있었다.

Fig. 5와 6은 신장이식수술후 20일만에 急性拒否反

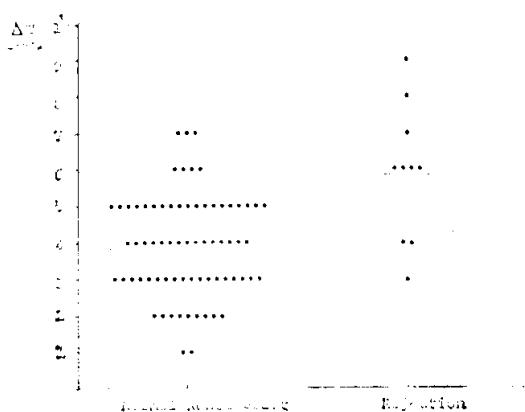


Fig. 7.  $\Delta T$  in normal renal graft and acute rejection.

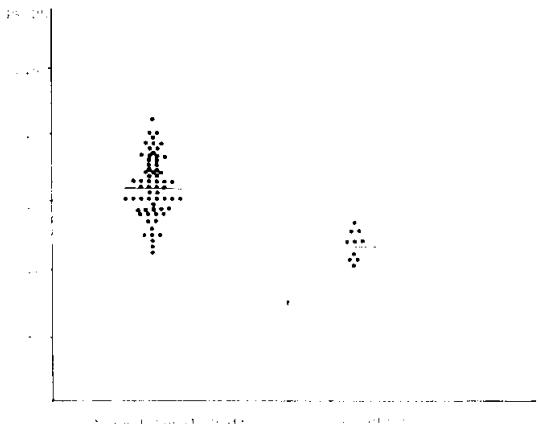


Fig. 8. Peak-to-plateau ratio in normal graft and acute rejection.

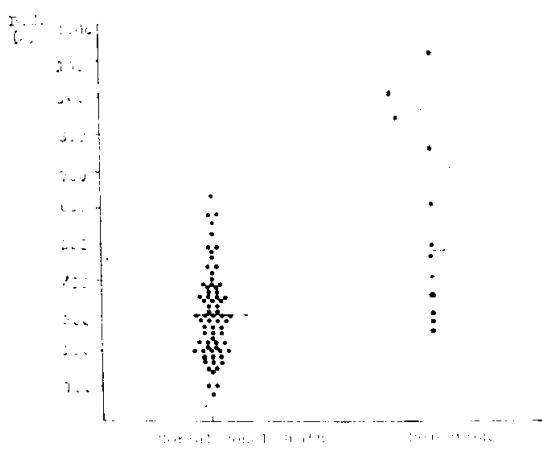


Fig. 9. Perfusion index in normal renal graft and acute rejection.

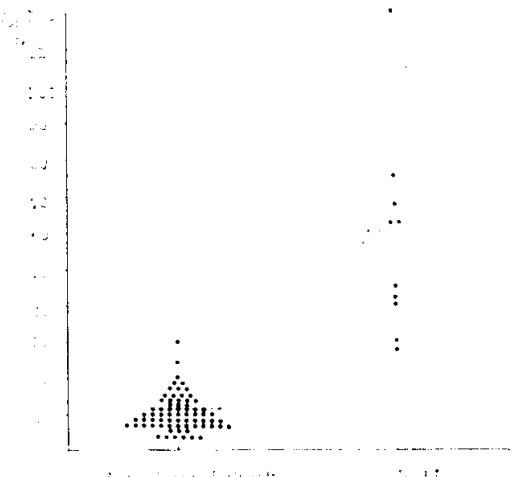


Fig. 10. Washout parameter ( $T_{1/2}$  in second) in normal graft and acute rejection.

Table 1. Perfusion parameters in normal and rejected kidney after transplantation.

	Normal	Rejection	P
T (sec)	3. 9±1. 3	5. 9±1. 8	<0.01
Peak/Plateau	1.57±0.21	1.19±0.09	<0.01
P.I. (%)	303±126	470±188	<0.01
T <sub>1/2</sub> (sec)	10. 7±4. 7	57. 2±28. 2	<0.01

Table 2. Sensitivity, specificity and diagnosability of each perfusion parameter(%)

	Sensitivity	Specificity	Diagnosability
T	30	95.9	50
Peak/Plateau	40	98.6	80
P.I.	30	94.5	42.9
T <sub>1/2</sub>	100	93.2	66.7

應이 일어났던 한 환자의腎ス캔所見으로 스테로이드의 대량 투여후 제 40일에 가서 이들 지표가 회복된 양상을 보여주고 있다.

### 3. 腎灌流의 指標들

순간경매주입이 완전하였던 正常 移植腎의 腎스캔 73회와 急性拒否反應의 腎스캔 10회에 있어서 腎灌流의 指標들을 비교하였다.

그 결과  $\Delta T$ , peak to plateau ratio, perfusion index 및  $T_{1/2}$ 의 分布는 각각 Fig. 7, 8, 9, 10에 나타난 바와 같으며, 그 平均 및 標準偏差는 표 1에 정리하였다.

腎灌流指標의 값이 正常移植腎群에서의 平均値의 2標準偏差界限를 벗어난 경우를陽性으로 판정하고 臨床의 거부반응의 진단과 비교하여 볼때 각 指標들의 銳敏度(sensitivity), 特異度(specificity) 및 診斷能率(diagnosability)을 구하면 표 2와 같다.

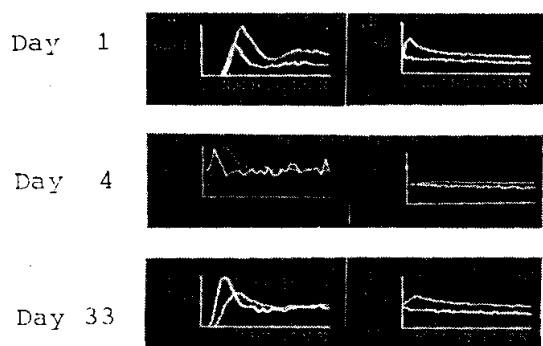


Fig. 11. Serial time-activity curves in a patient with an episode of acute tubular necrosis on the 4th postop. day.

#### 4. 기 타

屍體腎을 移植받고 수술 4일만에 急性細尿管壞死가 일어났던 1례의 腎스캔을 보면 腎灌流는 비교적 정상인데 반하여 濃縮 및 排泄은 저하되어 있으으며 그후 보존적 치료 및 헤액투석으로 회복되었다(Fig. 11). 또한 이식수술후 3월에 窪素血症이 생겼으리 뒤에 血管造影術로 확인된 腎動脈의 拘窄이 있었던 1례의 腎스캔에서는 腎灌流는 저하되어 있는데 미하여 농축 및 배설은 비교적 정상이 있다(Fig. 12).

#### 考 按

腎臟移植後 移植腎의 機能障礙는 크게 手術的 障碍 외 非手術的 障碍로 구분할 수 있으며, 前者로는 血管이나 尿路의 閉鎖 또는 漏出을 들 수 있겠고 後者에는 拒否反應 및 急性細尿管壞死 등을 들 수 있다(Rosenthal 등, 1974).

이러한 장애들은 때때로 臨床所見이나 一般 檢查所見만으로는 鑑別診斷이 어려우며 치료의 시기를 놓치면 비기역적인 損傷이 초래될 수 있으므로 신속하고

정확한 진단방법의 출현이 기대되어 왔다.

放射性同位元素는 腎臟移植術이 시작된 이래 移植腎의 機能評價 및 合併症의 診斷에 이용되어 있으나 그方法들은 빠르고 간단하고 안전하며 또한 反復施行할 수 있는 장점이 있어서 시간에 따른 변화를 관찰하기에 적합하다(Hilson 등, 1978.) 특히 일반 생화학적 검사와 달리 血液透析에 의해 영향을 받지 않으므로 신장이식후 다시 혈액투석요법을 받게되는 경우에도 사용될 수 있는 유일한 非觀血的의 方法이다(O'Reilly 등).

1964年 Loken 등은  $^{131}$ I-Hippuran을 사용하여 移植腎의 renogram을 구하였으며 (Blaufox와 Merrill, 1967), 그후 gamma camera에 의한 腎影像이 등장하였고 (Weiss 등, 1968; Hor 등, 1972; Weith와 Blahd, 1972; Hayes 등, 1973; Wibell 등, 1973; Malmud 등, 1973; Rosenthal 등, 1974; Hansen와 Skov, 1974; Mandel 등, 1975; Zum Winzel 등, 1974; Salvatierra 등, 1975; Freedman 등, 1975; Haden 등, 1975; Texter와 Haden, 1976; Dubousky 등, 1975; Pavel 등, 1976). 최근에는 컴퓨터를 이용하여 腎影像의 時間·放射能 曲線을 분석함으로써 진단적 정확도를 높이게 되었다(Delwonico 등, 1977; Hilson 등, 1978; Cahill와 Hurley, 1978; Clorlus 등, 1979; Preston 등, 1979; Shanahan 등, 1981). 그밖에 同位元素를 사용한 移植腎評價의 방법으로는 細胞濾過率과 有效腎血流量의 특징(Klopper 등, 1972)을 들 수 있으며 근데에는 동위원소가 표지된 膜質이 (George 등, 1975)나 纖維素原(Salawan 등, 1970)을 이용한 腎스캔이 拒否反應의 진단에有用하다고 보고 되어있다.

腎스캔에 흔히 사용되는 放射性醫藥品으로서  $^{131}$ I-Hippuran은 半減期가 짧고 放射線被暴量이 많은 반면 대부분의 腎細尿管에서 分泌되어 腎攝取가 일어나므로 腎機能이 低下된 경우에도 腎影像을 얻을 수 있는 장점이 있다(Staab 등, 1976; Strauss, 등 1979.) 한편  $^{99m}$ Tc-DTPA는 半減期이 짧고 放射量이 적으며 細胞濾에서 시

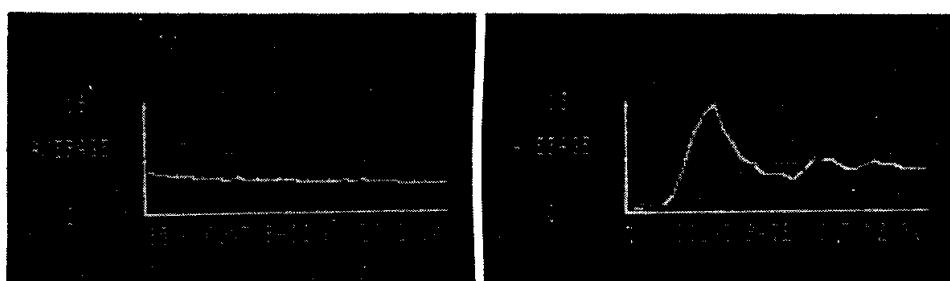


Fig. 12. Time-activity curve in a patient with renal arterial stenosis after transplantation.

濾過되므로 多量을 注入하여 良質의 스캔을 구할 수 있으며 특히 血管相(vascular phase)을 일어 신기능을 분석하는데 도움이 된다(Dubovsky, 등 1975; Pavel, 등 1976; Reba, 등 1974; Klopper, 등 1972; Arnold, 등 1975.)

실제로 임상에서 腎臟移植後 手術的 合併症의 진짜에는 腎스캔이 가장 간단하고 有用한 방법으로 인정되어 있다. 그러나 急性拒否反應의 진단 및 急性細尿管壞死와의 감별은 때로 容易하지 않으며, 임상경历来 관찰하여 진단하는 것은 치료의 시기를 놓칠 가능성이 크다 하겠다.(Delmonico, 등 1977; Preston와 Luke, 1979.) 이 경우 腎스캔에서 腎灌流의 양상을 관찰하는 것이 도움이 된다(Weiss와 Blahd, 1972; Mamud와 McKusick, 1973; Pavel, 등 1976.) 이는 일차적으로 間質 및 血管床에 病變이 발생하는 急性拒否反應의 경우에는 腎灌流量이 급격히 감소하는 반면 急性細尿管壞死의 경우에는 초기에 腎灌流가 비교적 정상으로 유지된다는 사실에(Jackson와 Mannick, 1964; Sheld, 등 1964; Cohn : Kountz, 1964; Kountz, 등 1970.) 근거한 것이다. 이러한 腎灌流의 변화는 腎스캔을 시간 간격을 두고 시행하면 더욱 뚜렷이 나타나며, 거부반응의 경우 급격히 腎灌流가 저하되지만 세뇨관과사의 경우는 변화가 없거나 서서히 변화되므로 진단의 정확도를 높일 수 있다(Mandel, 등 1975; Pavel, 등 1976; Clorius, 등 1979.)

그러나 腎影像이나 時間-放射能曲線에 대한 육안적 소견은 부정확하고 主觀的 判斷이 개입되므로 컴퓨터를 통한 腎灌流曲線의 분석으로 腎灌流의 客觀的 지표를 구하려는 노력이 시도되었다.

Delmonico 등은 renal to aortic peak ratio와 aorto renal transit time ( $\Delta T$ ) 등의 지표를 구해 보았으나 急性拒否反應의 진단기준이 되기는 어렵다고 보고하였다. Clorius 등은 腎曲線의 peak to plateau ratio가 비교적 예민한 지표가 된다고 하였다.

Hilson 등은 본 연구에서 인용한 perfusion index로正常, 拒否反應 및 細尿管壞死를 감별할 수 있으며 특히 연속적인 스캔을 시행했을 때 도움이 된다고 보고하였다. Preston 등은 腎曲線의  $T_{\frac{1}{2}}$ 가 가장 예민한 지표로서 背後放射能의 除去(back ground subtraction)나 연속적인 스캔이 없이도 감별진단과 예후예정이 가능하다고 보고하였다. 이와 같은 腎灌流曲線의 분석에 있어서 중요한 필요조건은 방사성 동위원소의 순간주사이며 이를 위해著者들은 Preston의 방법을 사용하였다. 그밖에 furosemide를 투여하는 것도 灌流曲線에 영향을 준다고 보고된 바 있다(Clorius, 등 1979.)

저자들의 성적을 관찰하면 특징적인 急性拒否反應의 경우 全例에서 腎灌流 및 排泄이 低下되어 肉眼의으로도 正常移植腎의 所見과 구분이 뚜렷한 경우도 있었으나, 객관적 지표로 신관류의 세 가지 지표들과 임상적 기부반응의 진단과 비교하여 급성거부반응에 시의 鏡放度는  $T_{\frac{1}{2}}$ 가 100%로 단연 우수한데 비해 特異度는 각 지표간에 큰 차이가 없었다. 診斷能率은 特異度의 사소한 변화로 큰 영향을 받아 비교적 낮은 값들을 나타냈으나 실제 임상에서 正常機能의 移植腎을 진단하는데에는 어려움이 있으므로 중요한 것은 鏡放度와 하센다리를 들어 임상적으로 移植腎의 기능장애가 나타난 경우 腎스캔에서  $T_{\frac{1}{2}}$ 가 그 平均值의 2標準偏差界限인 20秒以上이면 急性拒否反應으로 진단할 수 있겠다.

이와 같이  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA 腎스캔은 腎移植後 急性拒否反應의 진단을 간단하고 안전하게 확인할 수 있는 방법이며 腎灌流曲線의  $T_{\frac{1}{2}}$ 는 그 診斷的 有用성을 높일 수 있다고 하겠다.

한편 본 연구에서 急性細尿管壞死는 例數가 적어 그 감별진단에 있어서 腎시세의 有用性을 評價하기는 어려웠으나 이는 死腎移植이 1例에 不過하였던 태에 이유가 있다. 그러나 급성세뇨관과사의 경우 腎灌流가 비교적 정상으로 유지되고 있었던 것은 급성거부반응과는 쉽게 구분되어 다른 보고들과 일치하는 소견이었다.

또한 腎動脈狹窄의 경우 腎스캔의 양상은 狹窄의 程度 및 期間 등에 의해 변화하며(Tauxe와 Dubovsky, 1979) 본 연구의 1例에서 同位元素의 排泄이 유지되고 있었던 것은 비교적 초기에 진단되었음을 의미하는 소견이었다.

마지막으로 急性拒否反應의 臨床的 發現以前에 腎스캔에 변화가 나타날 수 있다는 보고가 있으나(Staab 등, 1969; Hor 등, 1972; Kjellstrand 등, 1976) 著者들도 그와 같은 경우를 1例에서만 경험하였다.

## 結論

著者들은 移植腎의 急性拒否反應에 있어서  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA 腎스캔의 診斷的 有用성을 알아보기자 1979年부터 1982年까지 서울대학교病院 内科에 입원한 만성신부전 환자로써 腎臟移植手術을 받은 26명을 대상으로 87회에 걸쳐 腎스캔을 시행하고 컴퓨터를 이용한 時間-放射能曲線의 分析을 통하여 다음과 같은 成績을 얻었다.

1. 총 87회의 腎스캔을 施行하여 임상적으로 移植腎의 機能이 正常이었던 경우가 75례, 急性拒否反應이

10례, 急性細尿管壞死와 腎動脈狹窄症이 각각 1례이었다.

2. 신이식후 임상적으로 急性拒否反應으로 진단되었던 10례의 腎灌流 지표들 즉  $\Delta T$ , peak to plateau ratio, perfusion index 및  $T_{1/2}$ 는 모두 정상기능의 이식신과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 ( $P < 0.01$ )

3. 이들 腎灌流의 지표들과 임상적 거부반응을 비교하여  $T_{1/2}$ 은 예민도 100%, 특이도 93.2% 및 진단능률 66.7%로 급성거부반응의 진단에 가장 예민한 지표였다.

이상의 成績으로  $^{99m}$ Tc-DTPA 腎스캔은 腎臟移植後移植腎의 急性拒否反應의 診斷에 있어 유용한 方法으로 思料되었다.

## —ABSTRACT—

### A Study on the $^{99m}$ Tc-DTPA Renal Scan in Acute Rejection of Transplanted kidney.

C.S. Koh, J.S. Park, H.J. Pyo, S. Kim,  
M.C. Lee, B.Y. Cho and J.S. Lee

Department of Internal Medicine, College of  
Medicine, Seoul National University.

In order to assess the usefulness of  $^{99m}$ Tc-DTPA renal scan in diagnosing acute rejection renal graft, we performed 87 studies on 26 renal graft recipients. All the grafts except one were transplanted from living donors. The majority of the studies were made during the early posttransplantation period. At the time of scanning, the retrospectively confirmed clinical assessment of the graft function was normal in 75 studies, acute rejection in 10, acute tubular necrosis in one and renal artery stenosis in the other.

As well as data obtained from scintillation camera images, computer-driven time-activity curves of renal perfusion were analyzed using 4 different parameters-aortorenal transit time, peak to plateau ratio, perfusion index, and  $T_{1/2}$  of washout phase.

The perfusion curve of normal functioning kidney showed sharp peak follow by rapid declination of radioactivity. But the curve of acute rejection showed low, blunted peak and delayed washout in all cases,

whereas that of acute tubular necrosis was relatively normal. Among the 4 perfusion parameters,  $T_{1/2}$  revealed the highest diagnostic sensitivity (100%), that is, it was increased over 20 sec. in all acute rejection cases. And its specificity is 93.2%.

From the above results, we concluded that computer-processed  $^{99m}$ Tc-DTPA renal scan was useful in diagnosing acute rejection of transplanted kidney.

## REFERENCES

- Arnold, R.W., Subramaniam, G., McAfee, J.G., Blair, R.J. and Thomas, D.: A comparison of  $^{99m}$ Tc-complexes for renal imaging. *J. Nucl. Med.*, 16:357, 1975.
- Blafox, M.D. and Merrill, J.P.: Evaluation of renal transplant function by iodohippurate sodium I 131. *JAMA*, 202:575, 1967.
- Cahill, P., Ho, S., Hurley, J. et al.: Quantification of first pass  $^{99m}$ Tc-DTPA blood flow in transplanted kidneys. *J. Nucl. Med.*, 19:739, 1978. (abst)
- Clorius, J.H., Dreikorn, K., Zelt, J., et al.: Renal graft evaluation with pertechnetate and I-131 Hippuran: a comparative study. *J. Nucl. Med.*, 20:1029, 1979.
- Cohn, R. and Kountz, S.L.: Relationship of blood flow in the kidney to the homograft reaction. *Am. J. Surg.*, 108:245, 1964.
- Delmonico, F.L., McKusick, K.A., Cesimi, A.B., et al.: Differentiation between renal allograft and acute tubular necrosis by renal scan. *Am. J. Roentgenol.*, 128:625, 1977.
- Dubovsky, E.V., Logic, J.R., Diethelm, A.G., et al.: Comprehensive evaluation of renal function in the transplanted kidney. *J. Nucl. Med.*, 16:1115, 1975.
- Freedman, G.S., Schiff, M., Zager, P., et al.: The temporal and pathological significance of perfusion failure following renal transplantation. *Radiology*, 114:619, 1975.
- George, E.A., Codd, J.E., Newton, W.T., Henry, R.M. and Donati, R.M.: Further evaluation of  $^{99m}$ Tc-sulfur colloid in rejecting kidneys. *Radiology*, 116:121, 1975.
- Haden, H.T., Starey, W.K., Wolf, J.S., Texter, J.H. and Thomas, F.T.: Scintigraphy in diagnosis of

- urinary fistula after renal transplantation. J. Nucl. Med.*, 16:612, 1975.
- Hansen, H.E. and Skov, P.E.: *The functional pattern of transplanted living-donor kidney during the early posttransplant period. Acta. Med. Scand.*, 196:507, 1974.
- Hayes, M., Taplin, C.V. and Moore, T.G.: *Quantitated scintiphotos in predicting early renal transplant rejection. In Medical radioisotope Scintigraphy. Vienna, IAEA, 1972*, 1973.
- Hilson, Am. J.W., Maisey, M.N., Brown, C.B., et al.: *Dynamic renal transplant imaging with Tc-99m DTPA (Sn) supplemented by a transplant perfusion index in the management of renal transplants. J. Nucl. Med.*, 19:994, 1978.
- Hor, G., Pabst, H.W., Pfeifer, K.J. et al.: *Radionuclides in renal transplantation. J. Nucl. Med.*, 13:795, 1972.
- Jackson, B.T. and Mannick, J.A.: *Serial blood flow in first set renal homotransplants undergoing rejection. Surg Gyn Obst.*, 119:1265, 1964.
- Kjellstrand, C.M., Casali, R.E., Simmons, R.L., et al.: *Etiology and prognosis in acute post-transplant renal failure. Am. J. Med.*, 61:190, 1976.
- Klopper, J.F., Hauser, W., Atkins, H.L., et al.: *Evaluation of  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA for the measurement of glomerular filtration rate. J. Nucl. Med.*, 13:107, 1972.
- Kountz, S.L., Truex, G., Earley, L.E., et al.: *Serial hemodynamics after renal allotransplantation in man. Circulation*, 41:217, 1970.
- Loken, M.K., Staab, E.V., Vernier, R.L., et al.: *Radioisotope renogram in kidney transplants. J. Nucl. Med.*, 5:807, 1964.
- Mandel, S.R., Mattern, W.D., Staab, E. and Johnson, G.: *Use of radionuclide imaging in the early diagnosis and treatment of renal allograft rejection. Ann. Surg.*, 181:596, 1975.
- Malmud, L.S., Mekusick, K.A., Kirchner, K.A., Kirchner, P.A., Williams, G.M., Natarajan, T. and Wagner, H.N.: *Quantitative criteria for evaluation of renal transplant function by serial scintillation camera imaging. N.J. Nucl. Med.*, 14:423, 1973.
- Monaco, A.P.: *Transplantation. In Strauss and Welt's Diseases of the Kidney. II. Little, Brown, Boston*, 1979.
- O'Reilly P.H., Shields, R.A. and Testa, H.J.: *Nuclear Medicine in Urology and Nephrology. p. 113. Butterworths, London*.
- Pavel, D.G., Westerman, B.R., Bergan, J.J., et al.: *Computer processed  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA studies of renal allotransplants. Surgery*, 79:152, 1976.
- Preston, D.F., Luke, R.G.: *Radionuclide Evaluation of Renal Transplants. J. Nucl. Med.*, 20:1095, 1979.
- Reba, R.L., Poulose, K.P. and Kirchner, P.I.: *Radio-labeled chelates for visualization of kidney function and structure with emphasis on their use in renal insufficiency. Semin. Nucl. Med.*, 4:151, 1974.
- Rosenthal, L., Mangel, R., Losbona, R. and Lacourciere, Y.: *Diagnostic applications of radiopertechnetate and radiohippurate imaging in postrenal transplant complications. Radiology*, 111:347, 1974.
- Salaman.: *Use of radioactive fibrinogen for detecting rejection of human renal transplants. Br. Med. J.*, 2:517, 1970.
- Salvatierra, O., Powell, M.R., Price, D.C., Kountz, S.L. and Belzer, F.O.: *The advantage of  $^{131}\text{I}$ -orthoiodohippurate scintiphography in the management of patient after renal transplantation. Ann. Surg.*, 180:336, 1975.
- Shanabon, W.S., Klongensmith, W.C. and Weil, R.:  *$^{99m}\text{Tc}$ -DTPA renal studies for acute tubular necrosis: Specificity of dissociation between perfusion and clearance. Am. J. Radiol.*, 136:249, 1981.
- Sheldon, S., Rae, A.I., Rosen, S.M., et al.: *Renal circulation in acute renal failure, Blackwell Scientific Publications, Oxford*, 1964.
- Shield, C.F. III., Cosimi, A.B., Tolkoff-Rubin, N., Rubin, R.H., Herrin J. and Russell, P.S.: *Use of antithymocyte globulin for reversal of acute allograft rejection. Transplantation*, 28:461, 1976.
- Staab, E.V., Kelly, W.D. and Loken, M.K.: *Prognostic value of radioisotope renograms in kidney transplantation. J. Nucl. Med.*, 10:183, 1969.
- Staab, E.V., Johns, T.W., Partain, C.L., et al.: *A comparison of Tc-99m DTPA and  $I-131$  OIH in the evaluation of renal transplant function. J. Nucl. Med.*, 17:537, 1976 (abst).

- Strauss, H.W., Kirchner, P.T. and Wagner, H.N.: *Nuclear medicine in the evaluation of renal disease. In Strauss and Welt's Disease of the Kidney. II. Little, Brown, Boston, 1979.*
- Strom, T.B., Tilney, N.L. and Merrill, J.P.: *Renal transplantation: Clinical management of the transplant recipient. In Brenner and Rector's the Kidney II. Saunders, Philadelphia, 1981.*
- Tauxe, W.N. and Dubovsky, E.V.: *The kidney. In Textbook of Nuclear Medicine: Clinical Applications: Lee and Febiger, Philadelphia, 1979.*
- Texter, J.H. Jr. and Haden, H.: *Scintiphotography in the early diagnosis of urine leakage following renal transplantation. J. Urol., 116:547, 1976.*
- Weiss, E.R. and Blahd, W.H.: *The diagnosis of renal transplant rejection in association with acute tubular necrosis using the scintillation camera. J. Urol., 107:917, 1972.*
- Weiss, E.R., Blahd, W.H., Winston, M.D., Hartenbower, D.L., Koppel, M. and Thomas, P.B.: *Scintillation camera in the evaluation of renal transplants. J. Nucl. Med., 278:608, 1968.*
- Wibell, L., Frodin, L., Jung, B. et al.: *Gamma-camera scintigraphy after kidney transplantation. J. Urol. Nephrol., 7:56, 1973.*
- Zum Winzel, K., Harbst, H., Birendra, D. and Newiger, T.: *Applications of radionuclides in renal transplantation. Semin. Nucl. Med., 4:169, 1974.*