

신 이식 직후 신장 스캔 소견과 이식신 장기 생존의 관계

충남대학교병원 핵의학과, 내과¹, 일반외과², 비뇨기과³, 서울특별시립 보라매병원 일반외과⁴
소 영, 이강욱¹, 신영태¹, 안문상², 배진선², 설종구³, 정인목⁴

Relationship between Early Postoperative Renal Scintigraphy and Long-term Transplant Survival

Young So, M.D., Kang Wook Lee, M.D.¹, Young-Tai Shin, M.D.¹, Moonsang Ahn, M.D.², Jin-Sun Bae, M.D.², Chong-Koo Sul, M.D.³, In Mok Jung, M.D.⁴

Departments of Nuclear Medicine, Internal Medicine¹, General Surgery² and Urology³, Chungnam National University Hospital, Department of General Surgery, Seoul Boramae Municipal Hospital⁴

Abstract

Purpose: We investigated the possibility of early postoperative Tc-99m DTPA scintigraphy in predicting long-term renal transplant survival. **Materials and Methods:** 64 living donor (LD) grafts were divided into two groups according to the graft function on early post-operative renal scintigraphy. Survival analysis was performed using Kaplan-Meier method and Cox proportional hazard model. Chi-square test was performed to evaluate the difference in the frequency of acute rejection. **Results:** Cumulative renal transplant survival was decreased in 11 patients with abnormal renal scintigraphy, but it was not statistically significant. Decreased graft function on early post-operative renal scintigraphy was not a predictor of long-term graft survival. The frequency of acute rejection was higher in abnormal scintigraphy group, and the difference was statistically significant. **Conclusion:** Decreased graft function on early post-operative renal scintigraphy has no direct effect on long-term renal transplant survival in LD transplantation. But it may have an indirect effect through increasing the frequency of acute rejection. (Korean J Nucl Med 2001;35:251-257)

Key Words: Tc-99m DTPA, Delayed graft function, Renal transplantation, Graft survival, Living donor

서 론

신 이식은 1954년 Murray 등에 의해 처음으로

성공된 후 현재 말기 신부전증 환자의 중요한 치료 방법으로 확고히 자리 잡았다. 이는 Cyclosporine-A 등 새로운 면역억제제의 도입, 이식 경험과 수술 전후 관리 등의 향상으로 인하여 높아진 이식신 생존율에 기인한다. 대한이식학회¹⁾의 보고에 의하면 1996년에 국내에서 시행된 총 941예의 신 이식의 성적은 1년 생존율 94.9%이었다.

그러나 이식신의 장기 생존율은 그리 만족스럽지 못하다.²⁾ 이는 급성기 이후 이식신 손실의 중요한 원인인 만성 거부 반응에 대한 정확한 병태생리 규명과 특이한 치료법 정립이 아직 이루어지지 않음

Received Jun. 18, 2001; accepted Jul. 26, 2001

Corresponding Author: Young So, M.D., Department of Nuclear Medicine, Chungnam National University Hospital, Taesa-dong 640, Chung-ku, Daejeon 301-721, Korea
Tel: (042) 220-7186, Fax: (042) 221-0355
E-mail: youngso@cnuh.co.kr

※ 이 논문은 2000년도 충남대학교병원 임상연구비에 의하여 수행되었음.

에 기인한다.

이식신의 장기 생존에는 많은 요인이 관여한다. 그 중 수혜자 및 공여자의 연령, 급성 및 만성 거부 반응, 생체 신 이식인지 사체 신 이식인지 등이 중요한 요인으로 간주된다.²⁾ 혈연관계 유무와 조직적합 항원(HLA) 일치도는 면역억제제의 발달 등으로 최근 그 중요성이 감소하였다.^{3,4)}

이식신의 기능 지연(delayed graft function)이 이식신의 장기 생존에 영향을 미치는가에 대해서는 아직 논란이 많다. 영향이 있다는 보고들이 있고,⁵⁻⁷⁾ 그렇지 않다는 보고들도 있다.⁸⁻¹⁰⁾ 이렇듯 상반된 보고들이 계속 나오는 이유 중 하나는 이식신의 기능 지연에 대한 진단 기준이 모호하기 때문이다. 즉, 현재까지 이식신의 기능 지연을 '이식 후 1주일 이내에 투석이 필요한 상태'로 임상적으로 정의하기 때문이다. 이식 후 1주일 이내에 투석이 필요한 상태에는 과거 급성 세뇨관 괴사(acute tubular necrosis)로 불렸던 이식신의 기능 지연 뿐 아니라 급성 거부 반응, 정맥 혈전증 등 다른 원인에 의한 경우도 포함된다.¹⁰⁾

이러한 이유로 최근에는 이식신의 기능 지연을 보다 객관적인 방법으로 정의하여 이식신의 생존에 대한 영향을 연구하기도 한다. Boom 등¹⁰⁾과 Cosio 등¹¹⁾은 혈청 크레아틴 수치를 바탕으로 이식신의 기능 지연을 정의하여 연구하였고, McMullin 등¹²⁾은 이식 직후 신장 스캔에서 나타난 이식신 관류 및 기능으로, Heaf 등¹³⁾은 이식 직후 이식신 기능 곡선으로 연구를 수행하였다.

본 연구 기관에서는 신 이식이 시작된 1986년 9월부터 현재까지 모든 신 이식 예에서 수술 이틀째 Tc-99m DTPA 신장 스캔을 시행해오고 있다. 이 자료를 이용하여 본 연구에서는 이식 직후 신장 스캔에서 보이는 이식신 기능 저하 소견과 이식신 장기 생존에 관하여 연구하여 보았다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1986년 9월부터 2001년 2월까지 본 연구 기관에

서 시행된 신 이식 총 67예 중 초급성 거부 반응, 이식신 정맥 혈전증, 출혈 및 감염으로 인한 환자 조기 사망 등으로 이식신 생존이 한 달을 넘지 못한 3예를 제외한 총 64예를 분석 대상으로 하였다.

신 이식을 받은 환자들에서 면역억제제는 Cyclosporine-A 와 prednisolon을 기본으로 사용하였다.

2. 신장 스캔

이식 이틀째 모든 환자에서 Tc-99m DTPA 신장 스캔이 시행되었다. 촬영은 Picker 사의 SX-300 단일 헤드 SPECT 카메라를 이용하였다. 환자를 양외위로 하여, Tc-99m DTPA 370~740 MBq를 순간 주사한 후 1초 당 한 프레임씩 신 관류 영상 및 곡선을 얻고, 20초 당 한 프레임씩 30분 동안 신 기능 영상 및 곡선을 얻었다. 관심 영역은 이식신 전체, 회장 동맥, 이식신 주위 배후 방사능 및 방광에 그렸다.¹⁴⁾

신장 스캔의 분석은 신 기능 영상 및 곡선만으로 하였다. 결과는 정상, 비정상 두 가지로 구분하였다. 비정상 예로 판정한 기준은 신 기능 곡선에서 배설 반감기를 구할 수 있었던 경우, 배설 반감기가 20분을 넘고, 신 기능 영상에서도 배설 지연 소견을 보이는 경우로 하였다. 배설 반감기를 구할 수 없을 정도로 배설이 지연되어 있거나 신 실질의 섭취가 배후 방사능과 구별하기 어려울 정도로 감소되어 있는 경우 모두 비정상 예로 판단하였다.

3. 생존 분석

모든 환자는 이식신 실패(graft failure)가 있거나 환자가 사망한 예를 제외하고 2001년 4월말까지 추적하였다. 이식신 실패는 투석을 다시 시작한 경우로 정의하였으며, 이식신 기능이 남아있는 상태에서 환자가 사망한 경우 중도 절단된 예(censored)로 처리하였다.

생존 분석은 Kaplan-Meier법을 이용하여 전체 환자 및 신장 스캔 정상군, 비정상군 각각에서 이식신의 누적 생존율을 구하였다. 그리고 Log-rank test를 이용하여 신장 스캔 정상군 및 비정상군 간의 생존율 차이가 통계적으로 유의한 지 알아보았다.

이식신의 장기 생존에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단된 수혜자 연령, 공여자 연령, 혈연 관계 여부, 급성 거부 반응 경험 유무와 신장 스캔 소견 다섯 가지 요인을 가지고 Cox proportional hazard model을 사용하여 각 요인의 이식신 장기 생존 예측능을 알아보았다.

마지막으로 chi-square(χ^2) test를 이용하여 신장 스캔 정상군과 비정상군 사이에 급성 거부 반응이 나타나는 빈도 차이가 있는지 알아보았다.

통계 처리는 윈도우용 SPSS 9.0을 사용하였으며 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1. 인구학적 특성

분석 대상 64예 모두 생체 신 이식 예이었으며 재이식 1예를 제외하고 모두 일차 신 이식이었다. 공여자-수혜자 관계는 혈연간 이식이 52예, 비혈연간 이식이 12예이었으며 비혈연간 이식은 배우자 5예, 사촌 5예, 기타 2예이었다. 공여자의 남녀비는 34:30이었고, 이식 당시 평균 연령은 39±14세(18~62세)이었다. 수혜자의 남녀비는 47:17이었고, 이식 당시 평균 연령은 34±11세(17~57세)이었다.

수혜자의 원인 질환은 45예에서 알 수 있었고, 만성 사구체 신염 22예, 악성 고혈압 12예, IgA 신병증 4예, 당뇨병 2예 등이었다.

HLA 조직적합성 정도는 HLA A, B, DR 6 항원 중 부적합 항원 숫자로 표시하였고, 평균 HLA 항원 부적합 숫자는 2.4±1.1이었다. 다섯 예를 제외한 59예에서 부적합 항원 숫자가 3이하였다.

Table 1에 신장 스캔 정상 소견 환자군과 비정상 환자군의 인구학적 특성을 비교하였다.

급성 거부 반응은 총 23예에서 총 38회 경험하였다. 1회 13예, 2회 6예, 3회 3예, 4회 1예. 신장 스캔 정상군 16예(30%)에서 급성 거부 반응을 한번 이상 경험하였고, 평균 횟수는 0.5회이었다. 신장 스캔 비정상군은 7예(64%)에서 급성 거부 반응을 한번 이상 경험하였으며 평균 횟수는 0.9회이었다.

Table 1. Patient demographics

Recipient variables	Normal renal scan	Abnormal renal scan
Total No.	53	11
Mean age at transplantation	34±11 years	36±13 years
Sex ratio male : female	39 : 14	8 : 3
Living non-related donor (%)	9(17%)	3(27%)
Mean HLA mismatch No.	2.2±1.1	2.7±1.1
Primary renal diagnosis		
Glomerulonephritis	18(34%)	4(36%)
Hypertensive sclerosis	10(19%)	2(8%)
Diabetes mellitus	2(4%)	0
IgA nephropathy	4(8%)	0
Polycystic kidney disease	2(4%)	0
All other diagnosis	17*	5†

* Unknown etiology 14

† Unknown etiology 5

급성 거부 반응의 진단은 대부분 병리조직학적 검사가 뒷받침되었으나 일부 예에서 임상적으로 진단되었다. 즉, 혈청 크레아티닌 수치가 기저치 보다 30%이상 상승하고 methylprednisolone pulse 치료 등 급성 거부 반응에 대한 치료가 시행된 경우 병리조직학적 소견이 없어도 급성 거부 반응으로 진단하였다.

만성 거부 반응은 총 24예-신장 스캔 정상군 20예(38%), 비정상군 4예(36%)-에서 일어났고, 모두 병리조직학적으로 진단되었다.

2. 환자 사망

추적 관찰 기간 중 총 5명의 환자가 사망하였다. 사망 원인은 감염이 4명, 비소세포폐암이 1명이었다. 감염으로 인한 환자 1명은 사망 당시 반복되는 급성 이식 거부 반응으로 이식신 실패 상태였으나 나머지 4명은 사망 당시 이식신 기능 상태였다.

3. 이식신 생존

1) 이식신 생존을 분석(Table 2, Fig. 1)

환자의 추적 기간은 평균 70±40개월(2~149개월)이었다. 이식신 실패 또는 환자 사망 외에 추적

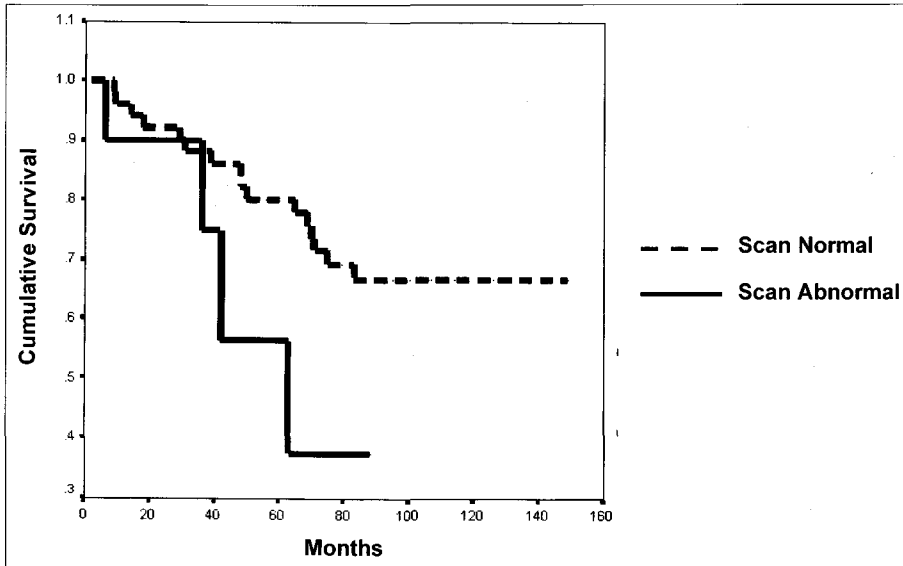


Fig. 1. Kaplan-Meier graft survival curves for 53 cases with normal early postoperative renal scintigraphic findings (—) and 11 cases with abnormal findings (-----) are shown. On Log-rank test the difference between two groups was not statistically significant(p=0.078).

이 중단되어, 중도 절단된 예는 1예로 환자의 거주지 이전으로 타 지역 병원으로 전원된 예이었다.

이식신 실패는 총 64예 중 20예에서 있었으며 모두 면역학적 실패였다. 이 중 신장 스캔 정상군에서 16예(30%) 있었고, 이식신 실패의 원인은 급성 거부 반응 2예, 만성 거부 반응 14예이었다. 신장

스캔 비정상군에서 이식신 실패는 4예(36%) 있었고, 원인은 급성 거부 반응 1예, 만성 거부 반응 3예이었다.

Kaplan-Meier법으로 구한 이식신 총 64예의 1년, 3년 및 5년 누적 생존율은 93%, 86%, 75%이었다. 신장 스캔 정상군에서는 각각 94%, 86%, 78%이었고, 비정상군에서는 각각 90%, 75%, 38%이었다. Log-rank test 결과 신장 스캔 정상군과 비정상군의 이식신 생존율 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(p=0.078).

Table 2. Graft Survival

Parameters	Normal renal scan (N=53)	Abnormal renal scan (N=11)
1 year graft survival	94%	90%
3 year graft survival	86%	75%
5 year graft survival	78%	38%
Functioning graft	35(66%)	5(46%)
Patient died with functioning graft	2 (4%)	2(18%)
Failed graft (%)	16(30%)	4(36%)
Causes of graft failure		
Acute rejection	2	1
Chronic rejection	14	3

2) 이식신 장기 생존 예측능 검증

이식 직후 신장 스캔의 이식신 장기 생존 예측능을 알아보기 위하여 수혜자 연령, 공여자 연령, 혈연관계 여부, 급성 거부 반응 여부 및 신장 스캔 소견 다섯 가지 항목에 대해 이식신의 생존에 대한 Cox proportional hazard model 분석을 시행하였다. 분석 결과 급성 거부 반응(p<0.001)과 혈연관계 여부(p=0.025)만 이식신의 장기 생존 예후 인자였고, 신장 스캔 소견(p=0.078), 수혜자 연령, 공여자 연령은 독립적 예후 인자가 아닌 것으로 나왔다.

3) 신장 스캔 소견과 급성 거부 반응 경험 빈도

급성 거부 반응을 한번이라도 경험한 예의 빈도가 이식 직후 신장 스캔 비정상군(64%)에서 신장 스캔 정상군(30%)에 비하여 유의하게 높았다 ($P=0.035$, χ^2 test).

고 찰

본 연구에서는 신 이식 후 이틀 째 촬영한 Tc-99m DTPA 신장 스캔 소견에서 나타난 이식신의 기능 저하가 이식신의 장기 생존에 영향을 미치는지 알아보았다. 그 결과 Kaplan-Meier법으로 구한 이식신의 누적 생존율은 신장 스캔 비정상군이 정상군에 비하여 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 Cox proportional hazard model을 이용한 분석 결과 이식 직후 신장 스캔 소견 상 나타나는 이식신 기능 저하 소견이 이식신 장기 생존의 독립적 예후 인자는 아니었다.

이러한 연구 결과는 이식 직후 시행한 신장 스캔 소견이 이식신의 장기 생존을 예측하는데 도움이 된다는 다른 연구 결과들과 다르다. Heaf 등¹³⁾은 신 이식 213예에서 모두 이식 직후 및 추적 신장 스캔을 시행하여 이식 직후 신장 스캔에서 기능 저하 소견이 이식신의 단기 및 장기 생존에 영향을 미친다고 보고하였다. 그리고 McMullin 등¹²⁾은 소아 신 이식 322예 중 이식 직후 신장 스캔이 시행된 84예를 대상으로 연구하여 이식 직후 신장 스캔에서 신 기능 저하를 보인 예에서 이식신의 장기 생존이 저하된다고 보고하였다.

본 연구와 위에서 언급한 두 연구의 중요한 차이점으로 대상 환자군을 들 수 있다. 본 연구에서는 모두 생체 신 이식 예를 대상으로 했으나, Heaf 등¹³⁾이 연구 대상으로 삼은 예의 68%가 사체 신 이식 예이었고, McMullin 등¹²⁾의 연구는 모두 사체 신 이식 예를 대상으로 하였다.

Russell 등¹⁵⁾은 이식 직후 신장 스캔과 유효 신혈장량 결과가 사체 신 이식 예에서는 이식신 생존의 예후 인자이었으나, 생체 신 이식 예에서는 예후 인자가 아니었다고 보고하였다. 그러나 이들은 이식신의 1년 생존에 대해서만 연구하였고 이식신의 장

기 생존에 대한 언급은 없었다.

이식신의 기능 지연의 가장 중요한 위험 인자는 긴 냉한 허혈 시간(cold ischemia time)으로 알려져 있다.⁸⁾ 따라서 이식신의 기능 지연은 대부분 사체 신 이식에서 보고 된다. 본 연구에서 이식 직후 신장 스캔에서 기능 저하를 보인 11예 중 5예에서만 이식 후 1주일 안에 투석이 시행되었다. 따라서 이들의 이식신 기능 저하가 사체 신 이식에서 나타나는 것보다 덜 심하였을 수 있다. 그러나 Humar 등¹⁶⁾에 의하면 이식신의 기능 저하가 심하지 않았던 예들 즉, 이식 후 5일 째 혈청 크레아티닌 수치가 3 mg/dl 이상이면서 투석은 필요하지 않았던 예들 (slow graft function)의 이식신 장기 생존율도 투석이 필요했던 이식신의 기능 지연 예에서처럼 저하되었음을 보고하였다.

저자가 알아본 바에 의하면 생체 신 이식 예에서 이식 직후 신장 스캔 소견과 이식신 장기 생존에 대한 연구 결과가 거의 없다. 따라서 현재로는 이 문제에 대한 결론을 내리기 어렵다.

최근에 나오는 많은 연구에서 이식신의 기능 지연이 이식신의 장기 생존에 독립적으로 영향을 미치는 않더라도 급성 거부 반응이 일어난 예에서는 이식신의 장기 생존율이 유의하게 감소한다는 결과를 보고하였다.^{11,16-19)} 즉, 이식신의 기능 지연으로 인하여 급성 거부 반응의 빈도가 증가하거나 거부 반응이 더 심하게 일어나 궁극적으로 이식신의 소실이 증가한다는 것이다.^{16,20)}

실제로 Shoskes 등²⁰⁾은 생쥐의 한 쪽 신동맥을 절찰하여 인위적으로 한 쪽 신장에 급성 세뇨관 괴사를 일으킨 결과, 조직 적합 항원 I, II의 발현이 반대쪽 신장에 비하여 유의하게 증가함을 증명하였다.

본 연구에서도 이식 직후 신장 스캔 비정상군의 급성 이식 거부 반응 빈도가 64%로 정상군 30%의 두 배 이상이었다. 그리고 χ^2 test 결과 두 군 간의 차이가 유의하였다. 따라서 이식 직후 스캔에서 이식신의 기능 저하를 보인 예에서 급성 거부 반응의 빈도가 증가하고 이로 인해 간접적으로 이식신의 장기 생존에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

본 연구에서는 신장 스캔 소견 중 관류 소견은

연구에 포함시키지 않았다. 급성 거부 반응, 정맥 혈전증 등의 이유로 이식신이 처음부터 기능하지 않았거나 이식신 기능 기간이 1달을 넘지 않은 예는 처음부터 분석 대상에서 제외하였다. 분석 대상 64명 중 3명에서 관류 저하 소견이 보였으나 이들 모두에서 관류 저하 소견보다 신 기능 저하 소견이 더 뚜렷하였다.

외과적 합병증은 모두 6예에서 경험하였고, 출혈 3예, 혈관적 합병증 2예, 요로 폐쇄 2예 이었다. 한 이식 예에서 두 가지 합병증을 경험하였다. 외과적 합병증은 추적 기간 내에 이식신 기능의 저하 없이 교정되었다. 따라서 예후 인자 분석시 포함시키지 않았다.

마지막으로 언급할 사항이 신장 스캔 분석 방법에 대한 것이다. 본 연구 기관에서는 현재까지 최대 방사능, 피질 방사능 최고점, 배설 반감기 등 신장 스캔의 기본적 수치만 구하고 있고 각종 신 관류, 신 기능 지표들은 구하고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 각종 신 관류 또는 신 기능 지표를 이용한 정량적 분석은 시도하지 못하였다. 본 연구의 목적이 신장 스캔의 급성 세뇨관 괴사, 급성 거부 반응, Cyclosporine 신독성 등을 감별 진단하는 능력을 평가하는데 있지 않고 이식 직후 신장 스캔 소견과 이식신 장기 예후와의 관계 규명에 있으므로 저자들은 신장 스캔의 정량적 분석이 필요하지 않다고 판단하였다. 또한 현실적으로 현재까지 연구된 많은 신 관류, 신 기능 지표들 중 감별 진단 등 이식신 평가에 실제적으로 도움이 되어 임상적으로 널리 쓰이는 지표가 없다.¹⁴⁾

이식 직후 신장 스캔 소견과 이식신의 생존에 관한 논문은 그리 많지 않다. 그 이유는 이식 직후 모든 예에서 신장 스캔을 시행하는 것에 대해 부정적으로 생각하는 신 이식 관련 임상가들이 많기 때문일 것이다. 그러나, 이식 직후 신장 스캔은 혈청 크레아틴 농도가 급변하고 정확한 크레아티닌 청소율을 계산하기 어려울 때 이식신의 기능을 정확히 평가해 줄 수 있고 요로 폐쇄, 혈관의 합병증 등 외과적 합병증의 진단에도 도움을 줄 수 있다.¹³⁾

우리 나라에서는 아직까지도 생체 신 이식 예 빈도가 사체 신 이식 예 빈도보다 높다.¹⁾ 그러나, 국

가적으로 뇌사를 인정하는 등의 이유로 우리 나라도 향후 사체 신 이식 예가 증가할 전망이다.

이식신의 기능 지연이나 기타 합병증의 빈도가 생체 신 이식에 비해 높은 사체 신 이식 예에서는 이식 직후 신장 스캔이 신 이식 예의 진료에 실제로 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 그리고 이식신의 기능 지연의 이식신 장기 생존에 관한 영향을 규명하는데도 도움이 될 것으로 기대된다.

요 약

목적: 신 이식 이틀째 촬영한 Tc-99m DTPA 스캔 소견에서 나타난 이식신의 기능 저하가 이식신의 장기 생존에 영향을 미치는 지 알아보았다. **대상 및 방법:** 생체 신 이식 총 64예에서 신장 스캔 소견에 따른 이식신 누적 생존율의 차이를 Kaplan-Meier법으로 분석하고, Cox proportional hazard model을 이용하여 이식신 장기 생존율 예측능을 알아보았다. Chi-square test로 두 군 간에 급성 거부 반응의 빈도 차이를 보았다. **결과:** 신장 스캔 비정상군의 이식신 장기 생존율이 정상군에 비하여 낮았으나 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 이식 직후 신장 스캔 소견 상 나타나는 이식신 기능 저하도 이식신 장기 생존의 예후 인자가 아니었다. 단, 신장 스캔 비정상군에서 급성 거부 반응 빈도가 정상군에 비하여 유의하게 높았다. **결론:** 생체 신 이식 예에서 이식 직후 신장 스캔에서 이식신의 기능 저하 소견은 이식신의 장기 생존에 직접적 영향은 없으나 급성 거부 반응을 증가시켜 간접적 영향이 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Organ transplantation registry committee, the Korean society of transplantation. Solid organ transplantation in Korea -1997-. *J Korean Soc Transpl* 1998;12:151-60.
2. Morris PJ. Transplantation in the 21st century. *Kidney Int* 1997;51:S51-5.
3. Terasaki PI, Cecka JM, Gjertson DW, Takemoto S. High survival rates of kidney transplantations

- from spousal and living unrelated donors. *N Eng J Med* 1995;333:333-6.
4. Lim TH, Kwon OJ, Kwak JY, Kang CM. Risk factors for renal allograft outcome in living related, and unrelated renal transplantation. *J Korean Soc Transpl* 1999;13:55-69.
 5. Cole E, Naimark D, Aprile M, Wade J, Cattran D, Pei Y, et al. An analysis of predictors of long-term cadaveric renal allograft survival. *Clin Transplantation* 1995;9:282-8.
 6. Ojo AO, Wolfe RA, Held PJ, Port FK, Schumouder RL. Delayed graft function: risk factors and implications for renal allograft survival. *Transplantation* 1997;63:968-74.
 7. Shoskes DA, Cecka JM. Deleterious effects of delayed graft function in cadaveric renal transplant recipients independent of acute rejection. *Transplantation* 1998;66:1697-701.
 8. McLaren AJ, Jassem W, Gray DWR, Fuggle SV, Welsh KI, Morris PJ, et al. Delayed graft function: risk factors and the relative effects of early function and acute rejection on long-term survival in cadaveric renal transplantation. *Clin Transplantation* 1999;13:266-72.
 9. Woo YM, Jardine AG, Clark AF, MacGregor MS, Bowman AW, MacPherson SG, et al. Early graft function and patient survival following cadaveric renal transplantation. *Kidney Int* 1999; 55:692-9.
 10. Boom H, Mallat MJK, De Fijter JW, Zwinderman AH, Paul LC. Delayed graft function influences renal function, but not survival. *Kidney Int* 2000;58:859-66.
 11. Cosio FG, Pelletier RP, Falkenhain ME, Henry ML, Elkhammas EA, Davies EA, et al. Impact of acute rejection and early allograft function on renal allograft survival. *Transplantation* 1997;63: 1611-5.
 12. McMullin ND, Koffman CG, Rigdon SPA, Haycock G, Chantler C, Bewick M. The negative influence of delayed renal allograft function on long-term graft survival in a pediatric population. *J Pediatr Surg* 1994;29:66-70.
 13. Heaf JG, Iversen J. Uses and limitations of renal scintigraphy in renal transplantation monitoring. *Eur J Nucl Med* 2000;27:871-9.
 14. El Maghraby TAF, van Eck-Smit BLF, de Fijter JW, Pauwels EKJ. Quantitative scintigraphic parameters for the assessment of renal transplant patients. *Eur J Radiology* 1998;28:256-69.
 15. Russell CD, Yang H, Gatson RS, Hudson SL, Diethelm AG, Dubovsky EV. Prediction of renal transplant survival from early postoperative radioisotope studies. *J Nucl Med* 2000;41:1332-6.
 16. Humar A, Johnson EM, Payne WD, Wrenshall L, Sutherland DER, Najarian JS, et al. Effect of initial slow graft function on renal allograft rejection and survival. *Clin Transplantation* 1997; 11:623-7.
 17. Troppmann C, Gillingham KJ, Benedetti E, Almond PS, Gruessner RWG, Najaria JS, et al. Delayed graft function, acute rejection, and outcome after cadaver renal transplantation. *Transplantation* 1995;59:962-8.
 18. Lehtonen SRK, Isoniemi HM, Salmela KT, Taskinen EI, von Willebrand EO, Ahonen JP. Long-term graft outcome is not necessarily affected by delayed onset of graft function and early acute rejection. *Transplantation* 1997;64: 103-7.
 19. Troppmann C, Gillingham KJ, Gruessner RWG, Dunn DL, Payne WD, Najarian JS, et al. Delayed graft function in the absence of rejection has no long-term impact: a study of cadaver kidney recipients with good graft function at 1 year after transplantation. *Transplantation* 1996; 61:1331-7.
 20. Shoskes DA, Parfrey NA, Halloran PF. Increased major histocompatibility complex antigen expression in unilateral ischemic acute tubular necrosis in the mouse. *Transplantation* 1990;49:201-7.