

# 공여자와 수혜자의 성별, 연령, 체질량지수 조합에 따른 생체 신이식의 이식신 생존율의 장기 성적에 대한 연구

한양대학교 의과대학 외과학교실

김은진 · 권오정

## The Graft Outcomes of Living Donor Renal Transplantation according to Gender, Age, and BMI Matching between Donors and Recipients

Eun Jin Kim, M.D. and Oh Jung Kwon, M.D.

Department of Surgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Despite significant advances in immunosuppression, supportive therapies, and operative skills, several factors still compromise long-term graft survival of patients who undergo renal transplantation. This study was designed to evaluate the risk factors influencing graft outcomes of living donor renal transplantation. We matched the recipient and donor age, gender, and body mass index (BMI).

**Methods:** A total of 527 living renal transplantations were evaluated. The patients were divided into matching groups by donor and recipient age; group 1 ( $50 \leq /$ ; 2,  $50 \leq / < 50$ ; 3,  $< 50 / 50 \leq$ ; 4,  $< 50 / < 50$ ), gender (A, female/female; B, female/male; C, male/female; D, male/male), and BMI ratio (recipient/donor) (I,  $< 0.8$ ; II,  $0.8 \leq / < 1.3$ ; III,  $1.3 \leq$ ). We compared 1, 3, 5, and 10 year graft survival and analyzed the donor and recipient variables of age, HLA matching, and acute rejection.

**Results:** The risk factors affecting long-term graft survival were recipient gender, acute rejection rate, and HLA-AB matching. In the groups divided according to donor and recipient age, no statistical difference was observed among the groups, but the 3-5 yr graft survival of group 1 (94.1/86.9%) was much higher than group 2 (86.5/75.6%). In the groups divided according to donor and recipient gender, graft survival in group C was higher than that in the other groups. No statistical difference in acute rejection or graft survival were observed in the groups with different BMI ratios.

**Conclusions:** Meticulous preoperative donor and recipient matching for living renal transplantation may improve graft survival and expand the donor and recipient pool.

**Key Words:** Kidney transplantation, Graft survival rate

**중심 단어:** 신이식, 이식신 생존율

### 서론

신장이식은 면역학의 발전, 면역억제제의 발달, 수술 술기 및 수술 후 치료의 발전으로 보편적인 치료방법으로 받아들여지고 있고 경제적 측면과 생활의 질 향상에 큰 도움이 되어 말기 신부전 환자의 가장 효과적인 치료 방법으로 확립되었다(1,2). 평균수명의 증가 등으로 만성

신부전 환자는 꾸준히 증가하고 있고 이에 따라 신장이식을 기다리는 환자는 점점 증가하고 있으나(3,4) 공여장기의 공급은 이에 훨씬 못 미치고 있다. 우리나라에서도 2000년 뇌사의 법적 인정으로 뇌사자로부터의 장기이식이 꾸준히 늘고 있어 국립장기이식관리센터의 보고에 의하면, 2008년 전체 신장이식 수혜자는 1,144명, 뇌사자로부터의 신장이식은 495에 시행되었으나, 신장이식 대기자는 7,641명으로 공여자의 절대적인 부족현상은 해결되지 않았다. 따라서 신장이식의 성적을 더 향상시키고 공여부족 현상을 극복하기 위해서 이식 생존율에 영향을 미치는 여러 인자들에 대한 이해가 더욱 필요하며 특히 생체 신이식은 수술 전 충분한 검사와 준비가 가능하므로 공여자와 수혜자의 성별, 연령, 체질량지수의 조합

책임저자 : 권오정, 서울시 성동구 행당동 산 17번지  
한양대학교 의과대학 외과학교실, 133-792  
Tel: 02-2290-8454, Fax: 02-2281-0224  
E-mail: ojkwon@hanyang.ac.kr

접수일 : 2010년 8월 2일, 심사일 : 2010년 9월 7일  
게재승인일 : 2010년 9월 13일

에 따른 장기이식 생존율을 분석하여 더 많은 공여자 확보 및 이상적인 조합을 찾고자 하였다.

**대상 및 방법**

1992년 1월부터 2007년 11월까지 한양대학병원 외과에서 생체 공여자로부터 신장이식을 받고 추적관찰이 가능하였던 527명을 대상으로 하였다. 공여자와 수혜자의 연령에 따라 4군, 성별에 따라 4군, 체질량지수 비에 따라 3군으로 분류하였다. 공여자와 수혜자의 연령에 따라 1군은 50세 이상 공여자-50세 이상 수혜자(n=18), 2군은 50세 이상 공여자-50세 미만 수혜자(n=104), 3군은 50세 미만 공여자-50세 이상 수혜자(n=66), 4군은 50세 미만 공여자-50세 미만 수혜자(n=339)로 하였다. A군은 여자 공여자-여자 수혜자(n=79), B군은 여자 공여자-남자 수혜자(n=149), C군은 남자 공여자-여자 수혜자(n=99), D군은 남자 공여자-남자 수혜자(n=200)로 하였다. 수혜자와 공여자의 체질량지수 비에 따라 제I군은 0.8 미만(n=104), 제II군은 0.8이상, 1.3 미만(n=368), 제III군은 1.3 이상(n=27)으로 분류하였고 각 군에 따라 공여자 및 수혜자의 연령, 성별, human leukocyte antigen (HLA)-AB, HLA-DR 적합도, 급성 거부반응 여부와 1, 3, 5, 10년 이식 생존율을 비교하였으며 공여자 및 수혜자의 연령, 성별, HLA-AB, HLA-DR 적합도, 급성 거부반응 발생 여부에 따른 1, 3, 5, 10년 이식 생존율 또한 비교 분석하였다. 이식 후 면역억제제는 cyclosporine 혹은 tacrolimus, immuran이나 mycophenolate mefetil, steroid의 삼중 면역억제제를 사용하였다. 급성 거부반응은 임상적으로 의심이 되는 경우 혈관도플러초음파(doppler duplex scan)를 시행하여 신동맥저항지수(resistive index, RI)가 0.8 이상인 경우 급성 거부반응으로 진단하였으나 다른 원인에 대한 감별이 필요한 경우 신생검을 시행하여 조직학적인 확인을 하였다. 이식신 소실 기준은 이식신 절제나 혈액투석을 다시 시작한 때까지로 하였고, 환자가 사망한 경우에는 그 사망 시점을 기준으로 하였다.

통계분석은 SPSS Window version 17.0 for window (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였고 각 군 사이의 이식신 생존율은 Kaplan Meier 생존분석을 통하여 산출하였고 log rank test를 이용하여 군 간의 생존곡선을 비교하여 통계학적 유의성을 평가하였다. 각 군의 특성은 ANOVA test로 비교 분석하였고 P값이 0.05 이하에서 통계학적으로 의의가 있는 것으로 판정하였다.

**결 과**

**1) 장기 이식신 생존율에 영향을 주는 인자**

이식신 생존율에 영향을 주는 요소를 분석하기 위해 공여자, 수혜자의 성별 및 연령, HLA-AB 및 DR 일치 개수, 급성 거부반응 발생 여부 등에 따른 1, 3, 5, 10년 이식신 생존율을 비교하였다. 분석결과 수혜자의 성별, HLA-AB 적합성 및 급성 거부반응의 발생 여부가 이식신의 생존율에 영향을 주었다(Table 1).

**2) 연령에 따른 공여자와 수혜자의 조합에 따른 이식신 생존율**

HLA-AB 및 HLA-DR 적합성은 각각 1군 1.44/0.89, 2군 1.95/1.16, 3군 1.80/1.08, 4군 1.76/1.07개로 각 군간의 차이는 없었으며 급성 거부반응 발생률은 1군 27.8%, 2군 31.6%, 3군 18.2%, 4군 31.9%로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2). 각 군의 1, 3, 5, 10년 이식 생존율은 각각 1군 100/94.1/86.9/57.6%, 2군 92.3/86.5/75.6/55.8%, 3군 97.0/90.9/79.9/64.6%, 4군 95.6/89.7/

**Table 1.** Factors influencing long-term graft survival

	1 yr (%)	3 yr (%)	5 yr (%)	10 yr (%)	P
Donor gender					0.269
F	95.5	90.2	79.2	61.05	
M	95.3	88.2	80.6	66.0	
Recipient gender					0.001
F	97.7	93.3	86.4	75.0	
M	94.5	87.0	75.9	58.5	
Donor age					0.133
≥ 50	94.1	88.3	77.8	56.9	
< 50	96.6	89.3	80.3	65.7	
Recipient age					0.628
≥ 50	97.6	91.6	78.6	63.6	
< 50	95.2	89.1	79.4	64.0	
HLA-AB matching					0.016
0	100.0	80.0	74.6	35.5	
1	95.7	88.8	77.0	59.9	
2	94.9	89.4	80.5	64.6	
3	94.2	92.2	80.1	78.9	
4	93.7	87.5	81.3	67.8	
HLA-DR matching					0.087
0	88.9	77.8	66.1	51.2	
1	95.6	89.9	73.8	63.8	
2	96.2	88.7	80.9	68.2	
Acute rejection					<0.001
Positive	89.4	81.8	68.5	47.7	
None	98.3	92.2	84.7	71.7	

Abbreviation: HLA-AB, human leukocyte antigen-AB.

**Table 2.** Characteristics of study population group according to donor and recipient age

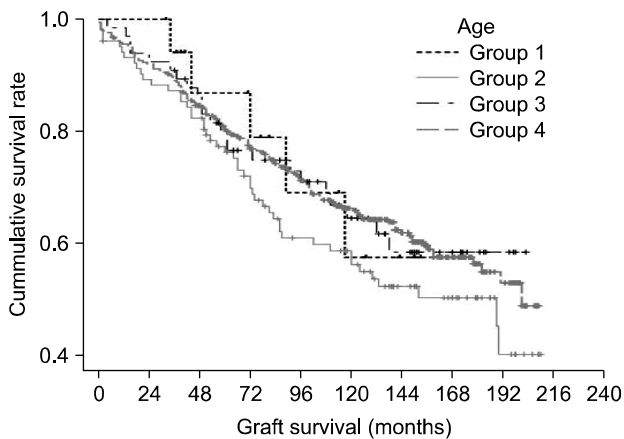
	Group 1 (n=18) (donor/recipient, 50≤/50≤)	Group 2 (n=104) (donor/recipient, 50≤/<50)	Group 3 (n=66) (donor/recipient, <50/50≤)	Group 4 (n=339) (donor/recipient, <50/<50)	P
Donor age (mean±SD)	53.2±3.5	55.71±4.0	32.4±8.4	35.3±7.8	
Recipient age (mean±SD)	54.3±2.7	34.0±8.4	54.3±3.2	35.6±8.3	
HLA-AB matching	1.44±0.78	1.95±0.87	1.80±0.74	1.76±0.92	0.86
HLA-DR matching	0.89±0.47	1.16±0.46	1.08±0.40	1.07±0.47	0.85
Acute rejection (%)	27.8	31.6	18.2	31.9	0.118
Graft survival (%) (1 yr/3 yr/5 yr/10 yr)	100/94.1/86.9/57.6	92.3/86.5/75.6/55.8	97.0/90.9/79.9/64.6	95.6/89.7/81.0/65.9	0.230

Abbreviation: HLA-AB, human leukocyte antigen-AB.

**Table 3.** Characteristics of study population group according to donor and recipient gender

	Group A (n=79) (donor/recipient, Female/Female)	Group B (n=149) (donor/recipient, Female/Male)	Group C (n=99) (donor/recipient, Male/Female)	Group D (n=200) (donor/recipient, Male/Male)	P
Donor age (mean±SD)	40.3±11.0	42.6±10.1	37.4±12.5	38.0±11.2	<0.001
Recipient age (mean±SD)	35.8±10.9	37.5±9.8	40.2±10.4	38.6±10.7	0.32
HLA-AB matching	2.0±1.0	1.67±0.85	1.75±0.88	1.82±0.88	0.62
HLA-DR matching	1.10±0.47	1.09±0.52	1.04±0.34	1.09±0.45	0.785
Acute rejection (%)	20.2	38.1	26.1	38.2	0.012
Graft survival (%) (1 yr/3 yr/5 yr/10 yr)	96.3/91.3/84.9/64.6	95.3/89.2/75.7/58.9	99.0/94.9/87.7/83.7	93.5/85.0/75.7/57.9	0.481

Abbreviation: HLA-AB, human leukocyte antigen-AB.

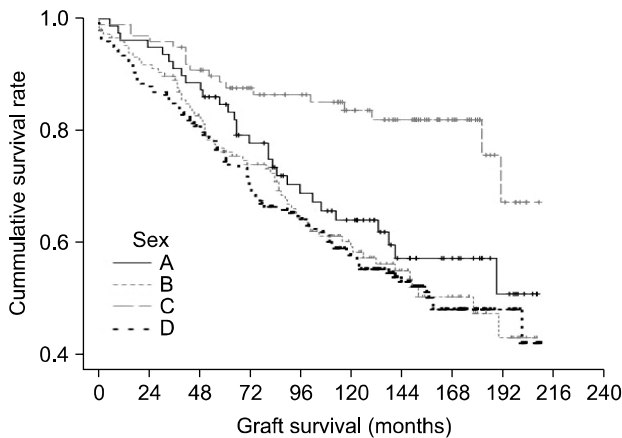


**Fig. 1.** Graft survival according to age matching (donor/recipient). Group 1, 50≤/50≤; Group 2, 50≤/<50; Group 3, <50/50≤; Group 4, <50/<50. In the groups according to donor and recipient age, there was no statistical difference among the groups ( $P=0.230$ )

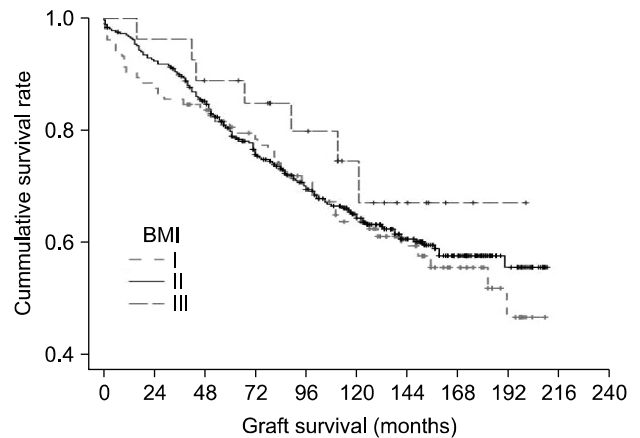
81.0/65.9%로 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 1,  $P=0.230$ ).

### 3) 성별에 따른 공여자과 수혜자의 조합에 따른 이식신 생존율

각 군의 공여자과 수혜자의 연령의 평균은 A군 40.3/35.8세, B군 42.6/37.5세, C군 37.4/40.2세, D군 38.0/38.6세로 수혜자의 연령에 따른 차이는 없었으나 여자가 공여자인 군(A, B군)이 남자가 공여자인 군(C, D군)보다 평균연령이 더 많았다( $P<0.001$ ). HLA-AB 및 HLA-DR 항원적합성은 A군 2.0/1.10개, B군 1.67/1.09개, C군 1.75/1.04개, D군 1.82/1.09개로 각 군 간의 차이는 없었다. 급성 거부반응은 A군 20.2%, B군 38.1%, C군은 26.1%, D군은 38.2%로 B군과 D군의 발생 빈도가 더 높았다(Table 3,  $P=0.012$ ). 각 군의 1, 3, 5, 10년 이식 생존율은 A군은 96.3/91.3/84.9/64.6%, B군은 95.3/89.2/75.7/58.9%, C군은 99.0/94.9/87.7/83.7%, D군은 93.5/85.0/75.7/57.9%로 1, 3년 이식 생존율의 차이는 없었으나 A, C 군의 5년 이식 생존율이 B, D보다 더 높았으며 C군의 10년 이식 생존율이 다른 군보다 더 높았다(Fig. 2).



**Fig. 2.** Graft survival according to matching gender (donor/recipient). Group A, female/female; Group B, female/male; Group C, male/female; Group D, male/male. Graft survival in group C was higher than that in the other groups (Group A,  $P=0.006$ ; Group B,  $P<0.001$ ; Group D,  $P<0.001$ ).



**Fig. 3.** Graft survival according to body mass index (BMI) ratio (recipient/donor). Group I,  $<0.8$ ; Group II,  $0.8 \leq <1.3$ ; Group III,  $1.3 \leq$ . No statistical difference in graft survival was observed in the groups with different BMI ratios. Abbreviation: BMI, body mass index.

**Table 4.** Characteristics of study population group according to body mass index (BMI) ratio (recipient/donor)

	Group I (n=104) ( $<0.8$ )	Group II (n=368) ( $0.8 \leq <1.3$ )	Group III (n=27) ( $1.3 \leq$ )	P
Donor age (mean $\pm$ SD)	41.8 $\pm$ 10.2	39.1 $\pm$ 11.4	36.5 $\pm$ 12.1	0.034
Recipient age (mean $\pm$ SD)	35.1 $\pm$ 10.3	38.8 $\pm$ 10.5	43.1 $\pm$ 7.8	$<0.001$
HLA-AB matching	1.73 $\pm$ 0.87	1.79 $\pm$ 0.89	1.85 $\pm$ 0.86	0.766
HLA-DR matching	1.09 $\pm$ 0.37	1.09 $\pm$ 0.47	1.09 $\pm$ 0.48	0.613
Acute rejection (%)	26.9	31.89	25.92	0.742
Graft survival (%) (1yr/3yr/5yr/10yr)	90.4/84.6/80.6/63.7	96.5/89.7/80.2/64.2	96.3/92.6/88.9/67.1	0.331

Abbreviation: HLA-AB, human leukocyte antigen-AB.

#### 4) 체질량지수 비에 따른 수혜자와 공여자의 조합에 따른 이식신 생존율

각 군의 공여자와 수혜자의 연령의 평균은 I군 41.8/35.1세, II군 39.1/38.8세, III군 36.5/43.1세이었고 HLA-AB 및 HLA-DR 적합성은 각각 I군 1.73/1.09, II군 1.79/1.09, III군 1.74/1.09로 각 군 간의 차이는 없었다. 급성 거부반응 발생률은 I군 26.9%, II군 31.89%, III군 25.92%로 발생률에 차이를 보이지 않았다(Table 4). 각 군의 1, 3, 5, 10년 이식 생존율은 I군 90.4/84.6/80.6/63.7%, II군 96.5/89.7/80.2/64.2%, III군 96.3/92.6/88.9/67.1%로 각 군 간의 차이를 찾을 수 없었다(Fig. 3).

#### 고 찰

1956년 Harrison 등(5)에 의해 monozygotic twin에서

최초로 성공적인 신장이식이 이루어진 이후 면역학적 발전 및 면역억제제의 발달 등으로 신장이식은 현재 말기 신부전 환자의 치료 중 가장 좋은 치료법으로 확립되었다(1,2). 평균수명의 연장으로 인한 고령 인구의 증가로 신장질환 역시 증가 하고 있으며(3,4) 해마다 신장이식을 기다리는 말기 신부전 환자의 수는 꾸준히 증가하고 있으나 공여자의 부족으로 시행되는 신장이식 수는 한정되어 있어 신장이식 대기자는 점점 증가하고 있다(3,6). 이러한 공여자의 부족을 해결하기 위하여 고령의 공여자, marginal 공여자, ABO incompatible 공여자, 교환 공여자 등의 여러 방법들이 시도되고 있으며(6-8) 이러한 프로그램을 통한 성공적인 신장이식을 위해서는 장기 이식 신 생존율에 영향을 주는 인자에 대한 정확한 분석이 중요하다.

이식신의 예후에 영향을 미치는 인자들은 꾸준히 연구 되어 왔으며 여러 인자들이 단독으로 또는 서로 연관되

어 이식신의 예후에 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다. 공여자 유형, 공여자의 연령 및 성별, HLA 적합도, 이식 전 투석 기간 등이 이식신의 장기 생존율에 영향을 주는 인자임은 여러 문헌에서 보고되고 있다(1,8-14).

공여자의 연령과 이식신의 생존율의 연관성에 대하여서는 논란이 있다. 많은 문헌에서 공여자의 연령이 많을수록 이식신 생존율이 좋지 않음을 주장하고 있으며 이는 연령이 많아질수록 신장에 신장경화(nephrosclerosis), 동맥경화 발생 가능성이 높으며 사구체 여과율의 점진적인 저하로 인한 결과로 설명하고 있다(11,15,16). Busson과 Benoit (17)도 고령 공여자의 경우 수술 중 냉허혈시간을 연장시키는 경향이 있어 급성 세뇨관 괴사의 발생률이 높아져 이식신의 예후에 나쁜 영향을 미친다고 하였다. 그러나 최근 공여자 부족 해결을 위해 시도되고 있는 고령 공여자-고령 수혜자 조합의 신장이식에 대한 연구들에서 좋은 결과가 발표되고 있다(8,18,19). Cohen 등(18)은 냉허혈시간의 연장, 재신이식 등의 위험 인자들을 피한다면 고령 공여자-고령 수혜자의 신장이식도 성공적일 수 있음을 주장하였고 Fritsche 등(19)은 급성 거부반응의 위험성 때문에 HLA-matching이 고령 공여자-고령 수혜자간의 신장이식의 성공 여부에 중요한 인자라 하였다. 본 연구에서는 공여자의 연령에 따른 장기이식 생존율은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 고령의 공여자군(1,2군)에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나( $P=0.448$ ) 1군의 3/5년 이식 생존율 94.1/86.9%, 2군의 3/5년 이식 생존율 86.5/75.6%로 고령의 수혜자로의 신장이식이 결과가 더 좋음을 알 수 있었다. 고령의 수혜자의 경우 고령의 공여자로부터의 이식신 생존율이 젊은 공여자로부터의 이식신 생존율과 차이가 없었다( $P=0.895$ ). 따라서 공여자 부족을 해결하기 위해서는 고령의 공여자로부터의 신장이식도 적극적으로 시도하여야 하며 특히 고령의 수혜자와 matching함으로써 공여자의 확대를 기대할 수 있겠다.

신장이식 초창기에는 환자가 고령일수록 1차적인 신장 질환의 유병기간이 길고, 혈관 및 심장, 순환계 등에 속발하는 다른 전신적 합병증이 많이 동반되며, 면역억제제 투여에 대한 탄력성이 약화되어 이식신의 생존율 및 환자 사망률이 높다고 생각하여, 수혜자의 연령에 대한 제한을 두고 50세 이상의 환자에서는 신장이식을 기피해 왔다(20). 그러나 본 연구에서는 수혜자의 연령에 따른 이식 생존율에 차이가 보이지 않았고 공여자와 수혜자의 연령의 조합에 따른 장기이식 생존율 분석에서도 통계학적으로 유의한 차이가 없어 50세 이상의 고령의 말기 신부전 환자에서도 신장이식이 가장 효과적인 치료법이라

고 생각한다.

이식신의 신장조직의 양은 이식신의 생존율을 결정하는 중요한 요소이다(21,22). Nicholson 등(21)은 여성 공여자-남성 수혜자의 경우 남성 공여자-여성 수혜자의 경우에 비해서 이식신 생존율이 더 나쁘며 이는 신장의 콩팥 단위(nephron) 개수는 신장의 무게와 밀접한 관계가 있는데 여성의 콩팥은 남성의 콩팥보다 더 작고 콩팥 단위의 개수는 17% 더 적기 때문이라고 설명하고 있다. 본 연구에서도 남성 공여자-여성 수혜자의 이식신 생존율이 여성 공여자-남성 수혜자보다 더 좋았으나( $P<0.001$ ) 두 군간에 급성 거부반응 여부에 차이가 있어 이에 따른 통계학적 치우침(bias)이 발생하였을 가능성이 있어 급성 거부반응 여부에 차이가 보이지 않는 여성 공여자-여성 수혜자 군과 남성 공여자-남성 수혜자 군의 이식신 생존율을 비교하였고 역시 남성 공여자-여성 수혜자 군의 이식신 생존율이 더 좋음을 알 수 있었다( $P=0.006$ ). 또한 남성 공여자-남성 수혜자 군과의 비교에서도 남성 공여자-여성 수혜자 군의 이식신 생존율이 더 좋아( $P<0.001$ ) 단순히 공여자의 성별 또는 이식신의 무게보다는 공여자와 수혜자의 적절한 조합이 중요함을 알 수 있었고 보편적으로 남성이 여성보다 몸무게 및 체질량지수가 더 클을 생각해보았을 때 공여자의 체질량지수가 수혜자보다 더 클 때 좋은 이식신 생존율을 얻을 수 있다는 가설을 세워볼 수 있다. Kasiske 등(23)은 체질량지수가 작은 공여자로부터 체질량지수가 큰 수혜자로의 신장이식에서 이식 실패율이 현저히 높음을 보고하였다. 이는 여러 연구들에서 주장되어 왔던 과부하가설을 뒷받침하는 것으로 콩팥 단위 개수가 부적절한 경우 이를 보상하기 위해 사구체에서 과투과가 이루어지게 되고 이는 신장에 지속적인 손상을 입히게 된다. 본 연구에서의 체질량지수 비에 따른 공여자와 수혜자의 이식신 생존율에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 우리나라가 서양에 비해 비만인구가 적어 III군이 다른 군에 비해 그 수가 현저하게 적은 한계점으로 생각한다.

## 결 론

1992년 1월부터 2007년 11월까지 한양대학병원 외과에서 생체 공여자로부터 신장이식을 받고 추적관찰이 가능하였던 527명을 대상으로 공여자와 수혜자의 성별, 연령, HLA-AB, HLA-DR 적합도, 급성 거부반응 여부에 따른 이식신 장기 생존율을 비교 분석한 결과 수혜자의 성별, HLA-AB 적합도, 급성 거부반응 발생 여부가 이식신의 생존율에 영향을 주었다. 고령 공여자-고령 수혜자와

젊은 공여자-고령 수혜자의 이식신 생존율에 차이가 없어 고령 공여자-고령 수혜자의 신장이식도 성공적일 수 있음을 알 수 있었으며 남성 공여자-여성 수혜자의 이식신 생존율이 다른 군에 비해 월등히 좋았으나 다른 군들의 이식신 생존율은 큰 차이가 없었다. 따라서 젊은 공여자, 남성 공여자만을 선호하기 보다는 공여자와 수혜자의 적절한 조합이 더 좋은 신장이식 결과 및 공여 장기의 확보에 중요하다.

## REFERENCES

- 1) Hariharan S, Johnson CP, Bresnahan BA, Taranto SE, McIntosh MJ, Stablein D. Improved graft survival after renal transplantation in the United States, 1988 to 1996. *N Engl J Med* 2000;342:605-12.
- 2) Wolfe RA, Ashby VB, Milford EL, Ojo AO, Ettenger RE, Agodoa LYC, et al. Comparison of mortality in all patients on dialysis, patients on dialysis awaiting transplantation, and recipients of a first cadaveric transplant. *N Engl J Med* 1999;341:1725-30.
- 3) Calne R. Clinical transplantation: current problems, possible solutions. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2005;360:1797-801.
- 4) Sims RJ, Cassidy MJ, Masud T. The increasing number of older patients with renal disease. *BMJ* 2003;327:463-4.
- 5) Harrison JH, Merrill JP, Murray JE. Renal homotransplantation in identical twins. *Surg Forum* 1956;6:432-6.
- 6) Hayes JM, Novick AC, Stroom SB, Hodge EE, Bretan PN, Graneto D, et al. The use of single pediatric cadaver kidneys for transplantation. *Transplantation* 1988;45:106-10.
- 7) Alexander JW, Vaughn WK. The use of "marginal" donors for organ transplantation. The influence of donor age on outcome. *Transplantation* 1991;51:135-41.
- 8) Remuzzi G, Cravedi P, Perna A, Dimitrov BD, Turturro M, Locatelli G, et al.; Dual Kidney Transplant Group. Long-term outcome of renal transplantation from older donors. *N Engl J Med* 2006;354:343-52.
- 9) Gjertson DW, Cecka JM. Living unrelated donor kidney transplantation. *Kidney Int* 2000;58:491-9.
- 10) Koo DD, Welsh KI, McLaren AJ, Roake JA, Morris PJ, Fuggle SV. Cadaver versus living donor kidneys: impact of donor factors on antigen induction before transplantation. *Kidney Int* 1999;56:1551-9.
- 11) Halloran PF, Melk A, Barth C. Rethinking chronic allograft nephropathy: the concept of accelerated senescence. *J Am Soc Nephrol* 1999;10:167-81.
- 12) Opelz G, Wujciak T, Döhler B, Scherer S, Mytilineos J. HLA compatibility and organ transplant survival. Collaborative Transplant Study. *Rev Immunogenet* 1999;1:334-42.
- 13) Mange KC, Joffe MM, Feldman HI. Effect of the use or nonuse of long-term dialysis on the subsequent survival of renal transplants from living donors. *N Engl J Med* 2001;344:726-31.
- 14) Meier-Kriesche HU, Kaplan B. Waiting time on dialysis as the strongest modifiable risk factor for renal transplant outcomes: a paired donor kidney analysis. *Transplantation* 2002;74:1377-81.
- 15) Basar H, Soran A, Shapiro R, Vivas C, Scantlebury VP, Jordan ML, et al. Renal transplantation in recipients over the age of 60: the impact of donor age. *Transplantation* 1999;67:1191-3.
- 16) Bilgin N, Karakayali H, Moray G, Demirağ A, Arslan G, Akkoç H, et al. Outcome of renal transplantation from elderly donors. *Transplant Proc* 1998;30:744-6.
- 17) Busson M, Benoit G. Is matching for sex and age beneficial to kidney graft survival? *Clin Transplant* 1997;11:15-8.
- 18) Cohen B, Smits JM, Haase B, Persijn G, Vanrenterghem Y, Frei U. Expanding the donor pool to increase renal transplantation. *Nephrol Dial Transplant* 2005;20:34-41.
- 19) Fritsche L, Hörstrup J, Budde K, Reinke P, Giessing M, Tullius, et al. Old-for-old kidney allocation allows successful expansion of the donor and recipient pool. *Am J Transplant* 2003;3:1434-9.
- 20) Park K, Suh JS, Kim YS, Kim SI. Living-donor renal transplantation, univariate analysis of risk factors influencing renal allograft outcome from 500 cases. *J Korean Surg Soc* 1991;41:616-27. (박기일, 서재석, 김유선, 김순일. 생체신이식 500예를 대상으로 분석한 이식성적에 영향을 미치는 인자에 관한 연구. 대한외과학회지 1991;41:616-27.)
- 21) Nicholson ML, Windmill DC, Horsburgh T, Harris KP. Influence of allograft size to recipient body-weight ratio on the long-term outcome of renal transplantation. *Br J Surg* 2000;87:314-9.
- 22) Brenner BM, Cohen RA, Milford EL. In renal transplantation, one size may not fit all. *J Am Soc Nephrol* 1992;3:162-9.
- 23) Kasiske BL, Snyder JJ, Gilbertson D. Inadequate donor size in cadaver kidney transplantation. *J Am Soc Nephrol* 2002;13:2152-9.