

이식 신장의 부피와 무게가 이식 후 신장기능에 미치는 영향

아주대학교 의과대학 외과학교실¹, 영상의학교실²어성호¹ · 이수형¹ · 원제환² · 오창권¹

Impact of Graft Kidney Volume and Weight on Graft Function in Living Donor Kidney Transplantation

Seong Ho Eo, M.D.¹, Su Hyung Lee, M.D.¹, Je Hwan Won, M.D.² and Chang-Kwon Oh, M.D.¹Departments of Surgery¹ and Radiology², Ajou University Hospital, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Background: Low functional nephron mass and graft kidney-recipient body size mismatch can lead to poor graft function. To examine the impact of the ratios of the surrogates to recipient body surface area (BSA) and body weight on graft function within 5 years post-transplantation, we measured the graft kidney volume, using computed tomography with 3-dimensional reconstruction before transplantation, and measured the graft kidney weight during surgery in living donor kidney transplantation (LDKT).

Methods: Between February 2004 and November 2013, 142 LDKT recipients without delayed graft function, acute rejection, or infection within 5 years of transplantation were included. The graft function and its relations with graft kidney volume and its weight were analyzed.

Results: The graft kidney volume/recipient BSA ratio showed correlation with the estimated glomerular filtration rate (eGFR) of recipients after 3 years post-transplantation. We found a difference in the graft function between recipients with a graft kidney volume/recipient BSA ratio of $\geq 80.4 \text{ mL/m}^2$ and those with a ratio of $< 80.4 \text{ mL/m}^2$ ($P < 0.05$). Multivariate analysis showed that the graft kidney volume/recipient BSA ratio, the graft kidney weight/recipient body weight ratio, donor age, donor eGFR, and donor/recipient BSA ratio are independent predictors of graft function at each period of transplantation ($P < 0.05$).

Conclusions: The graft kidney volume of living donors may predict graft function and during living donor and recipient matching, both the potential volume of the donated kidney and the body size of the recipient should be considered.

Key Words: Kidney transplantation, Graft volume, Graft weight, Graft function

중심 단어: 신장이식, 이식신 부피, 이식신 무게, 이식신 기능

서론

Received July 31, 2015
Revised November 10, 2015
Accepted November 10, 2015

Corresponding author: Su Hyung Lee

Department of Surgery, Ajou University Hospital, Ajou University School of Medicine, 164 World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon 16499, Korea
Tel: 82-31-219-5760, Fax: 82-31-219-4438
E-mail: dltnugdgs@aumc.ac.kr

면역학과 면역억제제의 발달, 수술 및 수술 후 치료의 발전 등으로 신장이식은 말기 신부전 환자의 가장 효과적인 치료법으로 확립되었다. 또한 다양한 면역억제제의 개발과 면역억제요법의 적용 및 생체 신장이식의 증가로 단기 성적은 향상되었다(1,2). 그럼에도 불구하고 신장이식의 장기 성적은 현저하게 향상되고 있지 않다. 이러한 장

기 성적을 향상시키려는 노력의 일환으로 면역학적 요인 이외에 비면역학적인 요인에 대한 관심이 증가되어 왔다.

이미 동물 실험을 통해 수혜자의 체중 및 체표면적에 비하여 이식 신장의 크기가 작을 경우, 이식신장의 과부하에 의한 네프론(nephron)의 지속적인 손상이 이식 신장의 기능 부전으로 이어진다는 것이 입증되었으며(3), 이식 신장의 크기와 수혜자의 체중 및 체표면적과의 관계에 대한 여러 연구들이 있었다(4-6). 이러한 연구들을 기반으로 최근에도 여러 신장이식센터에서 이식 신장의 무게와 부피를 측정함으로써 향후 이식 신장의 기능과의 연관성을 입증하려는 연구가 계속되고 있다. 그 중 최근에는 3차원 컴퓨터 단층 촬영(3-dimensional computed tomography, 3D CT)을 통해 이식 신장의 부피를 이식 전에 구하여 이식 후의 신장기능과 연관시키려는 시도들이 있었다(7-9).

이에 저자들은 생체 신장이식에서 이식 신장의 무게와 수혜자의 체중의 비와 3D CT를 통해 구한 이식 신장의 부피와 수혜자의 체표면적의 비가 이식 후 신장기능에 미치는 영향에 대한 연구를 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2004년 2월부터 2013년 11월까지 아주대학교 병원에서 생체 신장이식을 받고 추적 관찰이 가능했던 180명의 환자를 후향적으로 분석하였다. 신장이식 후 면역학적인 요인에 의한 신장기능 저하를 배제하기 위해 급성 거부반응이 조직검사상 확진된 경우, 이식 신장의 기저 질환의 재발, BK 바이러스 감염, 면역억제제에 의한 신독성, 이식 후 수술에 관련된 합병증이 있는 경우들은 제외하고 최종 142명에 대해 분석하였다. 수혜자와 공여자의 키, 체중, 연령, 성별, 체표면적, 수혜자와 공여자의 관계, 조직적합항원 일치 정도, 면역억제제 사용 방법에 대해 분석하였다. 공여자와 수혜자의 체표면적의 비(ratio of donor body surface area to recipient body surface area, D-BSA/R-BSA), 이식 신장의 무게(g)와 수혜자의 체중(kg)의 비(ratio of graft kidney weight to recipient body weight, G-KW/R-BW), 그리고 3D CT를 이용해 구한 이식 신장의 부피(mL)와 수혜자의 체표면적(m²)의 비(ratio of graft kidney volume to recipient body surface area, G-KV/R-BSA)를 구하였으며 체표면적은 Dubois 공식(10)에 의해 구하였다.

2. 면역억제제의 사용

주 면역억제제는 기본적으로 calcineurin inhibitor (CNI)

인 cyclosporine 또는 tacrolimus를 사용하였다. 142명 중 97.2%의 환자(138명)에게 3제 요법을 기본으로 하여 CNI, mycophenolate mofetil, 스테로이드를 사용하였고 2제 요법을 사용 시 CNI와 스테로이드를 사용하였다(4명, 2.8%). 133명의 환자에서(93.7%) basiliximab (Simulect, Novartis, East Hanover, NJ, USA)을 수술 당일 및 수술 후 4일에 각각 20 mg 투여하였다. CNI의 혈중 농도는 이식 후 1개월까지는 cyclosporine은 200~250 ng/mL, tacrolimus는 10~15 ng/mL로 유지하였으며 3개월 이후에는 각각 100~150 ng/mL, 5~10 ng/mL로 유지하였다.

3. 이식 신장의 무게 및 부피 측정 방법

이식 신장의 무게는 HTK (histidine-tryptophan-ketoglutarate) 용액으로 관류한 후 전자 저울 (JW-1, ACOM Inc., Pocheon, Korea)을 이용하여 직접 구하였으며, 소수점 첫 번째 자리까지 기록하였다.

이식 신장의 부피는 2005년 1월부터 3D CT를 이용해 공여자에서 구했으며 3D CT (Brilliance 64, Philips Medical Systems, Nederland B.V, Eindhoven, the Netherlands)는 collimation 0.625 mm; table speed, 50.8 mm/rotation; pitch, 0.891; rotation time, 0.75 second; vantage 120 kV (peak)의 성능을 지닌 것이다(0.625 mm 크기의 검출기가 총 40 mm 두께로 구성되어 0.5 mm부터 10 mm 사이의 다양한 영상의 두께로 초당 최대 95개의 영상을 고해상도로 구현할 수 있다.).

복부 컴퓨터 촬영은 비이온성 조영제(Ultravist, Bayer Health Care, Seoul, Korea) 150 mg을 정주하고 70초 후에 조영 증강된 영상을 얻었으며, 워크스페이스(Extended Brilliance Workspace, version 3.5, Philips Medical Systems)를 이용하여 1 mm 간격의 재구성된 영상으로 각각의 신장 부피를 구하였다. 신장 부피에는 신장 주위 지방조직, 신장 깔대기(renal pelvis), 혈관 및 요관들은 포함시키지 않았다.

4. 이식 신장기능 평가

수혜자의 혈중 크레아티닌(serum creatinine, sCr) 및 체중은 이식 후 입원 기간 및 퇴원 후 외래 방문 시 매번 측정하였다. 사구체 여과율은 Modification of Diet in Renal Disease 방법으로 측정하였으며 이식 후 1개월, 3개월, 6개월, 1년, 3년, 5년째의 값을 계산하였다(11).

Estimated glomerular filtration rate (eGFR; mL/min/1.73 m³) = $175 \times \text{sCr}^{-1.154} \times \text{age}^{-0.203} \times 0.742$ (if women) $\times 1.212$ (if African-American)

5. 통계분석

자료는 숫자와 백분율(%) 및 평균±표준편차로 표시하였다. G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW와 시기별 신기능 지표 간의 상관관계는 Pearson correlation analysis를 이용하였고 G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW의 평균값을 기준으로 각 시기별 신기능 지표 간의 비교에는 Student t-test를 사용하였다. 선형회귀분석을 이용해 G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW의 시기별 신기능과의 단변량 분석을 하였으며 로지스틱 회귀 분석으로 이식 후 1년, 3년 및 5년 간의 신기능 장애

에 영향을 주는 인자들을 분석하였다. 통계분석을 위하여 영문판 SPSS ver. 22.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였고, 통계적 유의 수준은 $P<0.05$ 로 하였다.

결 과

142명의 생체 신장이식 환자가 연구 대상이 되었으며 환자들의 역학적 특징 및 이식 신장의 특징은 Table 1과 같다. 142명 중 100명의 수혜자가 혈연 간 이식을 받았다. 공여자의 평균 연령은 38.6 ± 11.0 세였으며 남성이 74명이었고 평균 체표면적은 1.74 ± 0.19 m²이었다. 수혜자의 평균 연령은 42.3 ± 10.4 였으며 남성이 87명이었고 평균 체표면적은 1.69 ± 0.19 m²이었다. 이식 신장의 평균 무게는 195.4 ± 39.3 g이었고 3D CT를 이용해 측정된 이식 신장의 평균 부피는 140.3 ± 20.4 mL이었다. D-BSA/R-BSA는 평균 1.0 ± 0.2 , G-KW/R-BW는 평균 3.2 ± 0.8 , 그리고 3D CT를 이용해 구한 G-KV/R-BSA는 평균 84.0 ± 14.8 이었다.

G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW와 시기별 eGFR의 상관분석 결과는 Table 2와 같다. G-KV/R-BSA는 이식 후 3년째까지 통계학적으로 유의한 관계를 보여주었고 G-KW/R-BW는 이식 후 1년째까지 유의한 상관 관계를 보였다.

G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW의 시기별 평균값과 시기별 신기능 지표인 sCr 및 eGFR 값을 비교한 결과 G-KV/R-BSA와 G-KW/R-BW 모두 이식 후 3년째까지 평균값인 84.0 mL/m², 3.2 g/kg 보다 높은 값을 가지는 환자 군에서 신기능이 통계학적으로 유의하게 좋은 것으로 분석되었다 (Table 3).

또한 G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW와 시기별 eGFR 값과의 관계를 단순회귀분석을 통해 분석한 결과 G-KV/R-BSA는 이식 후 3년째까지 통계학적으로 유의한 결과를 보인 반면 G-KW/R-BW는 이식 후 1년째까지 유의한 결과를 보였다 (Table 4).

이식 후 시기별로 eGFR 값이 60 mL/min/1.73 m² 이상으로 유지되는 환자들에 대해 다변량 분석을 시행한 결과는 Table 5와 같다. 이식 후 1년째 이식 신장의 기능 유지에 통계학적으로 유의하게 영향을 미치는 인자들로는 이식 당시 공여자의 eGFR 값, D-BSA/R-BSA가 1 이상인 경우, G-KV/R-BSA의 평균값 84.0 mL/m² 이상인 경우들로 분석되었다. 이식 당시 공여자의 eGFR 값이 이식 후 3년째 이식 신장의 기능 유지에 유의하게 영향을 미치는 인자였으며, 5년째 이식 신장의 기능 유지에 유의하게 영향을 미치는 인자들로는 이식 당시 공여자의 연령 및 G-KW/R-BW 평균값 3.2 g 이상인 경우로 분석되었다.

Table 1. Overall characteristics of donors, recipients, and graft kidney

Demographic	Value
Donor and graft characteristics	
Age (yr)	38.6±11.0
Sex (male:female)	74:68
Height (cm)	165.7±8.9
Weight (kg)	66.2±11.9
BSA (m ²)	1.74±0.19
G-KW (g)	195.4±39.3
G-KV (mL)	140.3±20.4
D-BKV (mL)	281.3±40.2
Recipient characteristics	
Age (yr)	42.3±10.4
Sex (male:female)	87:55
Height (cm)	165.6±8.4
Weight (kg)	62.4±11.8
BSA (m ²)	1.69±0.19
D-BSA/R-BSA	1.0±0.2
Ratio indices of graft to recipient body mass	
G-KV/R-BSA (mL/m ²)	84.0±14.8
G-KW/R-BW (g/kg)	3.2±0.8
Transplant-related information	
Donor type	100:42
(living related/living unrelated)	
Immunosuppression	
Double:triple	4 (2.8):138 (97.2)
Basiliximab	133 (93.7)
Degree of HLA match	
0 Ag match	11 (7.7)
1 Ag match	20 (14.1)
2 Ag match	22 (15.5)
Haploidentical	73 (51.4)
Identical	16 (11.3)

Data are presented as mean±SD or number (%).

Abbreviations: BSA, body surface area; G-KW, graft kidney weight; G-KV, graft kidney volume; D-BKV, donor bilateral kidney volume; D-BSA/R-BSA, ratio of donor body surface area to recipient body surface area; G-KV/R-BSA, ratio of graft kidney volume to recipient body surface area; G-KW/R-BW, ratio of graft kidney weight to recipient body weight; HLA, human leukocyte antigen.

Table 2. Correlation between the ratio indices of graft and post-transplant graft function

Variable	G-KV/R-BSA		G-KW/R-BW	
	Correlation coefficient (r)	P-value	Correlation coefficient (r)	P-value
eGFR (mL/min/1.73 m ²)				
1 month	0.476	<0.001	0.339	<0.001
3 months	0.443	<0.001	0.309	<0.001
6 months	0.437	<0.001	0.302	<0.001
1 year	0.340	<0.001	0.196	0.021
3 years	0.224	<0.001	0.131	0.175
5 years	0.195	0.117	0.053	0.674

Abbreviations: G-KV/R-BSA, ratio of graft kidney volume to recipient body surface area; G-KW/R-BW, ratio of graft kidney weight to recipient body weight; eGFR, estimated glomerular filtration rate.

Table 3. Effects of ratio indices of graft on post-transplant graft function

Variable	G-KV/R-BSA (mL/m ²)			G-KW/R-BW (g/kg)		
	<84.0	≥84.0	P-value	<3.2	≥3.2	P-value
sCr (mg/dL)						
1 month	1.43±0.31	1.17±0.40	<0.001	1.41±0.30	1.17±0.43	<0.001
3 months	1.43±0.31	1.16±0.27	<0.001	1.42±0.29	1.15±0.29	<0.001
6 months	1.44±0.31	1.17±0.24	<0.001	1.43±0.29	1.16±0.26	<0.001
1 year	1.43±0.31	1.20±0.24	<0.001	1.44±0.30	1.17±0.23	<0.001
3 years	1.49±0.30	1.31±0.43	0.017	1.51±0.38	1.25±0.33	<0.001
5 years	1.58±0.45	1.52±1.13	0.793	1.54±0.43	1.55±1.32	0.959
eGFR (mL/min/1.73 m ²)						
1 month	53.5±11.2	63.4±15.0	<0.001	55.2±11.6	62.3±15.7	0.003
3 months	53.1±9.9	62.2±14.0	<0.001	54.2±10.9	61.6±14.5	0.001
6 months	52.4±10.0	61.4±12.7	<0.001	54.1±10.9	60.2±13.0	0.003
1 year	52.7±10.5	59.5±13.0	0.001	53.5±11.5	59.0±12.5	0.008
3 years	51.3±9.9	56.4±15.7	0.048	51.8±13.3	56.7±13.3	0.050
5 years	48.6±13.0	55.5±19.2	0.098	50.3±13.7	55.4±20.9	0.233

Data are presented as mean±SD.

Abbreviations: G-KV/R-BSA, ratio of graft kidney volume to recipient body surface area; G-KW/R-BW, ratio of graft kidney weight to recipient body weight; sCr, serum creatinine; eGFR, estimated glomerular filtration rate.

고 찰

신장이식의 장기 성적에 영향을 미치는 면역학적 요인 들로는 조직적합항원 일치 정도, 불충분한 면역억제, 환자의 불순응 등이 있으며 이러한 여러 인자들이 단독 또는 공동으로 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 최근 신장이 식의 장기 성적을 향상시키려는 노력의 일환으로 비면역 학적 요인들에 대한 연구가 활발히 진행 중인데 이러한 인 자들로는 고령의 공여자 혹은 수혜자, 여성 공여자, 긴 보 존 시간, 아프리카계 미국인 공여자 혹은 수혜자, 수혜자 의 높은 체질량 지수, 어린 공여자 혹은 수혜자, 고혈압,

당뇨 등을 들 수 있다(2,12).

이 중 공여자와 수혜자 간의 체격 불균형 내지는 이식 신장의 크기와 수혜자의 체중 및 체표면적과의 관계에 대 한 여러 연구들이 있었다(4-6,13,14). Kim 등(4)이 발표한 연구에 따르면 생체 신장이식에서 이식 신장의 무게와 수 혜자의 체중의 비가 높은 군에 있어서 이식 후 3년째까지 이신 신장의 기능이 우월함을 보고하였고, Akoglu 등(15) 은 뇌사자 신장이식에서 이식 신장의 부피와 수혜자의 체 중의 비가 높을수록 이식 후 6개월, 1년, 2년째의 사구체 여과율이 유의하게 높지만 이식 후 1년째 단백뇨의 정도 와는 무관함을 보고하였다. 또한 Poggio 등(5)은 생체 신

Table 4. The ratio indices of graft affecting to post-transplant graft function: univariate linear regression analysis

Variable	G-KV/R-BSA		G-KW/R-BW	
	β	<i>P</i> -value	β	<i>P</i> -value
eGFR (mL/min/1.73 m ²)				
1 month	0.452	<0.001	5.547	<0.001
3 months	0.386	<0.001	4.636	<0.001
6 months	0.360	<0.001	4.289	<0.001
1 year	0.281	<0.001	2.786	0.021
3 years	0.221	0.019	2.148	0.175
5 years	0.237	0.015	1.078	0.674

Abbreviations: G-KV/R-BSA, ratio of graft kidney volume to recipient body surface area; G-KW/R-BW, ratio of graft kidney weight to recipient body weight; eGFR, estimated glomerular filtration rate.

Table 5. Factors affecting to graft function at 1, 3, 5 years post-transplantation: multivariate analysis

Variable	<i>P</i> -value	Odds ratio	95% CI
eGFR 60 (mL/min/1.73 m ²) at 1 year post-transplantation			
Recipient age (yr)	0.295	0.979	0.940~1.019
Donor age (yr)	0.950	0.999	0.959~1.040
Donor eGFR (mL/min/1.73 m ²)	0.001	1.048	1.019~1.079
Degree of HLA match (≥ 4)	0.214	0.566	0.231~1.390
D-BSA/R-BSA (≥ 1.0)	0.005	4.915	1.621~14.903
G-KV/R-BSA (≥ 84.0 mL/m ²)	0.035	3.011	1.083~8.375
G-KW/R-BW (≥ 3.2 g/kg)	0.076	0.346	0.107~1.120
eGFR 60 (mL/min/1.73 m ²) at 3 years post-transplantation			
Recipient age (yr)	0.210	0.971	0.927~1.017
Donor age (yr)	0.354	0.979	0.935~1.024
Donor eGFR (mL/min/1.73 m ²)	0.004	1.044	1.014~1.075
Degree of HLA match (≥ 4)	0.347	0.627	0.237~1.657
D-BSA/R-BSA (≥ 1.0)	0.366	1.664	0.552~5.018
G-KV/R-BSA (≥ 84.0 mL/m ²)	0.280	1.859	0.604~5.722
G-KW/R-BW (≥ 3.2 g/kg)	0.536	0.680	0.200~2.309
eGFR 60 (mL/min/1.73 m ²) at 5 years post-transplantation			
Recipient age (yr)	0.251	1.043	0.970~1.122
Donor age (yr)	0.009	0.916	0.857~0.979
Donor eGFR (mL/min/1.73 m ²)	0.095	1.038	0.994~1.084
Degree of HLA match (≥ 4)	0.916	0.928	0.231~3.731
D-BSA/R-BSA (≥ 1.0)	0.746	0.780	0.174~3.504
G-KV/R-BSA (≥ 84.0 mL/m ²)	0.698	1.383	0.994~1.084
G-KW/R-BW (≥ 3.2 g/kg)	0.035	3.628	1.097~12.005

Abbreviations: CI, confidence interval; eGFR, estimated glomerular filtration rate; HLA, human leukocyte antigen; D-BSA/R-BSA, ratio of donor body surface area to recipient body surface area; G-KV/R-BSA, ratio of graft kidney volume to recipient body surface area; G-KW/R-BW, ratio of graft kidney weight to recipient body weight.

장이식에서 3D CT를 이용해 구한 이식 신장의 부피가 클수록 이식 후 2년째까지의 이식 신장의 사구체 여과율이 유의하게 높았고 거부반응 역시 적었다고 보고하였으며, Giral 등(6) 역시 1,189명의 신장 이식을 받은 환자들에서 이식 신장의 무게와 수혜자의 체중의 비가 높을수록 이식

후 장기 성적이 우월함을 보고하였다. 본 저자들의 기존 연구에서도 G-KW/R-BW, G-KV/R-BSA가 평균값보다 높은 군에서 이식 후 1개월, 6개월째 이식 신장의 사구체 여과율(eGFR) 및 수혜자의 sCr이 우월함을 보고하였으며(16), 이번 연구는 그 연장선상에 있다고 할 수 있겠다.

한편 본 연구에서는 공여자 이식 신장의 부피를 3D CT를 이용해 구하였으며 이는 초음파 내지는 자기공명영상을 이용하는 것보다 편리하고 더 정확한 것이라는 기존 연구들이 있다(7,8). 이전 연구에서도 이러한 CT를 이용하여 구한 이식 신장의 부피와 이식 신장의 기능들에 대한 상관성을 분석하여 보고하였으나 이식 후 2년째까지의 결과들이었으며 신장기능은 sCr을 기준으로 한 것이었다(17,18). 뇌사자 신장이식의 경우 공여자가 수술 전에 CT를 촬영하는 것이 흔하지 않지만 생체 공여자인 경우 대부분의 센터에서 공여자가 이식 전에 CT를 촬영하므로 본 연구에서는 3D CT를 이용해 이식 신장의 콩팥 깔때기(renal pelvis), 피막(capsule), 신동맥(artery), 신정맥(vein), 요관(ureter), 림프계(lympatics) 등을 제외한 이식 신장의 실질만의 부피를 측정하였다.

본 연구에서는 기존 연구들에서 보편적으로 알려진 이식 신장의 상대적 크기의 지표인 G-KW/R-BW, G-KV/R-BSA 등을 사용하였으며 이식 후 신장기능 평가에 있어 이러한 비면역학적 요인을 반영하기 위해 면역학적 요인을 최대한 배제하고 대상군을 선정하고 분석하였다.

먼저 G-KV/R-BSA는 이식 후 신기능 지표로 삼은 eGFR과 상관분석 결과, 이식 후 3년째까지 유의한 관계를 나타냈고 G-KW/R-BW는 1년째까지만 유의한 관계를 보였다(Table 2). 또한 시기별로 G-KW/R-BW, G-KV/R-BSA의 평균값들에 따른 sCr, eGFR의 평균값을 분석한 결과는 이식 후 3년째까지 유의한 것으로 분석되었는데 이는 기존 연구에서보다 추적 관찰 기간이 길어져도 여전히 이식 신장의 상대적 크기 지표와 수혜자와의 관계가 중요함을 시사하는 것이다(Table 3). 그러나 앞서 언급한 것처럼 본 연구는 면역학적 요인들은 제외하고 신장의 실질만의 부피를 CT를 이용해 구한 것이므로 임상에서는 이러한 지표들과 함께 다른 요소들을 종합적으로 고려해서 생체 신장이식 진행 및 보류 여부를 판단해야 할 것이다.

본 연구에서 이식 후 1년째, 3년째, 5년째 이식 신장의 기능 유지에 통계학적으로 유의하게 영향을 미치는 인자들로 이식 당시 공여자의 연령 및 eGFR 값, D-BSA/R-BSA가 1 이상인 경우, G-KV/R-BSA의 평균값 84.0 mL/m² 이상인 경우, 그리고 G-KW/R-BW의 평균값 3.2 g 이상인 경우들이었다(Table 5). 이것은 먼저 기존에 알려진 것처럼 이식 당시 공여자의 연령과 eGFR 값이 이식 후 5년이 경과한 시점에서도 이식 신장의 기능을 예측하는데 중요한 인자임을 확인한 것이다. 다변량 분석에서 G-KW/R-BW는 이식 후 5년째, G-KV/R-BSA는 이식 후 1년째만 의미 있는 것으로 분석되었는데 이는 우선 연구 기간에 따른 분

석 대상군 수의 감소에 따른 것으로 여겨지며 이식 받은 후 수혜자들의 체중과 체표면적이 시기별로 계속 달라지므로 위와 같은 지표들이 이식 당시와는 변화되어 있을 수 있다는 점, 또한 eGFR의 기준값을 chronic Kidney disease stage 2 이상인 60 mL/min/1.73 m³을 기준으로 분석하였던 점들을 이유로 들 수 있겠다. 향후 추적 관찰 기간이 연장되고 대상군 수가 해당 기간에 증가한다면 더 의미 있는 결과가 도출될 것이라고 여겨진다.

본 연구는 기존에 알려진 것처럼 이식 전에 이식 신장의 부피를 측정하고 수술 중에 이식 신장의 무게를 측정하는 것이 향후 수혜자의 신장기능을 예측하는데 있어서 중요한 것임을 보여준 것이다. 물론 생체 신장이식의 진행 여부는 면역학적인 요인들과 함께 종합적으로 고려해서 결정해야 하지만 본 연구의 결과가 임상적으로 활용될 경우보다 적합한 생체 공여자를 선택하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 생체 공여자 신장이식에서 이식 당시의 공여자의 연령과 신장기능과 이식 신장의 상대적 크기 지표인 G-KV/R-BSA, G-KW/R-BW들이 이식 후 신장의 기능을 예측하는데 중요한 인자임을 확인하였다. 따라서 생체 공여자 신장이식에 있어 이식 전에 CT를 통해 이식 신장의 부피를 측정하고 이를 바탕으로 공여자와 수혜자를 적절하게 조합하는 것이 더 좋은 신장이식 결과 및 향후 신장기능을 유지하고 예측하는 데 있어 중요하다고 할 수 있겠다.

REFERENCES

- 1) Wolfe RA, Ashby VB, Milford EL, Ojo AO, Ettenger RE, Agodoa LY, 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.
- 2) 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.
- 3) Heemann UW, Azuma H, Tullius SG, Mackenzie H, Brenner BM, Tilney NL. The contribution of reduced functioning mass to chronic kidney allograft dysfunction in rats. *Transplantation* 1994;58:1317-22.
- 4) Kim YS, Moon JI, Kim DK, Kim SI, Park K. Ratio of donor

- kidney weight to recipient bodyweight as an index of graft function. *Lancet* 2001;357:1180-1.
- 5) Poggio ED, Hila S, Stephany B, Fatica R, Krishnamurthi V, del Bosque C, et al. Donor kidney volume and outcomes following live donor kidney transplantation. *Am J Transplant* 2006;6:616-24.
 - 6) Giral M, Foucher Y, Karam G, Labrune Y, Kessler M, Hurault de Ligny B, et al. Kidney and recipient weight incompatibility reduces long-term graft survival. *J Am Soc Nephrol* 2010;21:1022-9.
 - 7) el-Diasty TA, Shokeir AA, el-Ghar ME, Gad HM, Refaie AF, el-Din AB. Contrast enhanced spiral computerized tomography in live kidney donors: a single session for anatomical and functional assessment. *J Urol* 2004;171:31-4.
 - 8) Janoff DM, Davol P, Hazzard J, Lemmers MJ, Paduch DA, Barry JM. Computerized tomography with 3-dimensional reconstruction for the evaluation of renal size and arterial anatomy in the living kidney donor. *J Urol* 2004;171:27-30.
 - 9) Sommer G, Bouley D, Frisoli J, Pierce L, Sandner-Porkristl D, Fahrig R. Determination of 3-dimensional zonal renal volumes using contrast-enhanced computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 2007;31:209-13.
 - 10) Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known 1916. *Nutrition* 1989;5:303-11.
 - 11) Levey AS, Coresh J, Greene T, Stevens LA, Zhang YL, Hendriksen S, et al. Using standardized serum creatinine values in the modification of diet in renal disease study equation for estimating glomerular filtration rate. *Ann Intern Med* 2006;145:247-54.
 - 12) Almond PS, Matas A, Gillingham K, Dunn DL, Payne WD, Gores P, et al. Risk factors for chronic rejection in renal allograft recipients. *Transplantation* 1993;55:752-6.
 - 13) Brenner BM, Cohen RA, Milford EL. In renal transplantation, one size may not fit all. *J Am Soc Nephrol* 1992;3:162-9.
 - 14) Terasaki PI, Koyama H, Cecka JM, Gjertson DW. The hyperfiltration hypothesis in human renal transplantation. *Transplantation* 1994;57:1450-4.
 - 15) Akoglu H, Yildirim T, Eldem G, Arik G, Yilmaz R, Kutlugun AA, et al. Living donor kidney volume as a predictor of graft function: is there a role for proteinuria? *Transplant Proc* 2013;45:77-81.
 - 16) Lee JH, Won JH, Oh CK. Impact of the ratio of graft kidney volume to recipient body surface area on graft function after live donor kidney transplantation. *Clin Transplant* 2011;25:E647-55.
 - 17) Huh KH, Yun M, Kim TS, Cho A, Lee JD, Myoung SM, et al. Measurement of donor kidney functional renal volume and glomerular filtration rate to predict allograft function during the post-transplantation period. *Nephron Clin Pract* 2009;113:c262-9.
 - 18) Hugen CM, Polcari AJ, Farooq AV, Fitzgerald MP, Holt DR, Milner JE. Size does matter: donor renal volume predicts recipient function following live donor renal transplantation. *J Urol* 2011;185:605-9.