

# 한국인의 뇌사자 신기능 평가에서 Kidney Donor Risk Index의 유효성

계명대학교 동산의료원 이식혈관외과

박의준 · 김민영 · 김형태 · 조원현

## Validation of the KDRI in Korean Deceased Donor Kidney Transplantation

Ui Jun Park, M.D., Min Young Kim, R.N., Hyoung Tae Kim, M.D. and Won Hyun Cho, M.D.

Division of Transplant and Vascular Surgery, Department of Surgery,  
Keimyung University Dongsan Medical Center, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

**Background:** The United Network for Organ Sharing developed the continuous kidney donor risk index (KDRI) for measurement of the spectrum of risk associated with the various factors known to influence graft failure. This study was conducted in order to validate the KDRI in assessment of deceased donor kidney in Koreans.

**Methods:** Patients (n=404) who underwent kidney transplants performed at five transplantation centers from 2000 to 2010 were studied retrospectively. The distribution of the KDRI of donor kidneys was calculated and the distribution of kidney donors by standard criteria donor (SCD)/expanded criteria donor (ECD) and KDRI was compared. The KDRI were divided into five groups: <0.8, 0.8~1.0, 1.0~1.2, 1.2~1.4, and  $\geq 1.4$ . Graft function and graft survival among KDRI groups were analyzed.

**Results:** The mean KDRI was 1.01 (range, 0.55~1.88). More than 90% of donors had KDRI <1.4. The distribution of kidneys by KDRI groups was 22.8%, 32.7%, 27.5%, 9.9%, and 7.2%, respectively. Among kidneys with KDRI <0.8, 10.5% were ECD, whereas all of the kidneys with KDRI  $\geq 1.4$  were ECD. The estimated GFR at one-year in the KDRI groups was 72.2, 65.8, 63.2, 69.1, and 47.1 mg/dL, respectively. Graft function was significantly lower in those with KDRI  $\geq 1.4$  ( $P<0.001$ ). Five-year graft survival in the KDRI groups was 91.6%, 92.2%, 91.3%, 94.1%, and 56.4%, respectively. Graft survival was also significantly lower in those with KDRI  $\geq 1.4$  ( $P=0.001$ ).

**Conclusions:** The KDRI is a useful tool for estimation of posttransplant outcomes in the Korean population. The KDRI can be used by physicians as an additional assessment tool to assist in the decision making process regarding donor organ selection.

**Key Words:** Kidney transplantation, Kidney donor risk index, KDRI, Deceased donor, Expanded criteria, Standard criteria

**중심 단어:** 신장이식, 기증신장 위험척도, KDRI, 뇌사공여자, 확장범주, 표준범주

## 서 론

신이식 대기자는 크게 증가하고 있지만 장기 기증자의 증가는 이에 미치지 못하고 있다(1). 기증장기 부족을 극복하기 위해 혈액형 불일치 간의 신이식, 심장지 기증자 신이식 등 다각도의 방법들이 시행되고 있으며, 확장범주 기증자로부터의 신이식도 이러한 방법 중 하나이다(2-4).

UNOS (the United Network for Organ Sharing) 또는 KONOS (the Korean Network for Organ Sharing)에서는 뇌사기증자를 각각의 기준에 따라 표준 기증자(standard criteria donor, SCD)와 확장범주 기증자(expanded criteria donor, ECD)로 이분하여 평가하고 있다. UNOS의 ECD 기준은, 가장 낮은 위험도의 SCD로 부터 신이식 할 때 보다 이식신 실패의 상대 위험도가 1.7배 이상인 경우를 ECD로 하였다. 이러한 ECD와 SCD의 이분법적인 분류는 고위험 장기의 사용에 있어서 장기사용여부를 결정하거나, 환자에게 이식 장기의 위험도를 설명하는 것에 유용하다. 그러나, 실제 임상에서 이식신의 위험도는 연속선상에 있기 때문에, 이분법적인 구분을 하는 것은 이식신의 위험도를 합리적으로 반영하지 못할 수 있으며, 이식 후 결과를 예측하는 것에 잠재적인 한계를 가지고

책임저자 : 박의준, 대구시 중구 동산동 194  
계명대학교 동산의료원 이식혈관외과, 700-712  
Tel: 053-250-7315, Fax: 053-250-7322  
E-mail: parkuijun@gmail.com

접수일 : 2014년 1월 16일, 심사일 : 2014년 2월 26일  
게재승인일 : 2014년 3월 2일

본 논문은 43차 대한이식학회에서 구연발표되었음.

있다. 이에 기증자의 위험요소를 점수화하여 계산하는 기증신장 위험척도(kidney donor risk index, KDRI)가 개발되었다. 이는 연속적인 척도를 사용하여 뇌사자 이식의 결과를 보다 정확히 예측해 줄 수 있는 것으로 여겨진다. 기존의 UNOS ECD 평가기준은 네 가지의 기증자 인자를 이용하여, 나이가 60세 이상인 경우, 나이가 50세에서 59세이면서 고혈압이 있거나, 뇌혈관질환으로 인한 뇌사의 경우 또는 장기적출 전 마지막 혈청 크레아티닌이 1.5 mg/dL 이상인 경우 중 두 가지 이상을 동반한 경우를 ECD로 정의하였다(5). KDRI의 경우 나이, 신장, 체중, 인종, 고혈압병력, 당뇨병력, 사망원인, 혈청 크레아티닌, C형 간염 상태, 심정지 후 기증의 10가지의 기증자 인자를 사용하여 기증신의 위험도를 척도화 함으로써 기증자의 상태를 보다 정확하게 반영할 것으로 기대되고 있다(6). 하지만, 이들 기증자 인자 중 인종, C형 간염, 심정지 후 기증의 인자들은 KDRI 계산에서 상대적으로 높은 베타계수( $\beta$ -coefficient)로 사용되고 있으나, 국내의 현실은 인종적 차이가 거의 없고, C형 간염에서 이식이 미미하며, 심정지 후 기증이 아직 활성화되지 않은 점에서 미국의 현실과 차이가 있다. 이에 저자들은 미국에서 개발된 KDRI가 우리나라의 환자들에게서도 유용한 지표로 적용될 수 있을지 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

후향적 의무기록분석을 통한 연구로, 뇌사자 신이식이 활발하게 진행되고 있는 2, 3 권역 병원에서 2000년부터 2010년까지 뇌사자 신이식을 시행하고 추적 관찰이 이루어진 환자를 대상으로 하였다. KDRI의 계산은 Organ Procurement and Transplantation Network (OPTN)에서 제공하는 온라인 KDRI 계산기를 사용하여 도출하여 한국인에서의 KDRI의 결과 및 분포형태를 분석하였다(7). 기존의 UNOS ECD criteria를 이용해 뇌사기증자를 SCD와 ECD로 분류하여 도출된 KDRI와의 관계를 비교하였다. KDRI를 0.2범위로 하여 0.8 미만, 0.8 이상~1.0 미만, 1.0 이상~1.2 미만, 1.2 이상~1.4 미만, 1.4 이상의 다섯 구간으로 구분하였고 각 구간별 1년째 이식신 기능, 이식신 기능지연, 그리고 5년 이식신 생존율을 비교하였다. 이식신의 신기능은 MDRD 공식( $\text{estimated GFR}_{\text{MDRD}} = 186 \times \text{serum creatinine (mg/dL)}^{-1.154} \times \text{age}^{-0.203} \times [0.742 \text{ if female}]$ )으로 계산하였다. 이식 후 7일 이내에 1회 이상의 투석을 시행한 경우 이식신 기능지연으로 정의하였고, 이식신 기능소실은 유지 투석치료를 시작하

나 환자가 사망한 경우로 정의하였다. 통계분석은 SPSS ver. 17 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, 범주형 변수는 chi-square test, 연속형 변수는 ANOVA를 이용하여 분석하였다. 이식신 생존율은 Kaplan-Meier 생존분석을 시행하였다. 본 연구는 계명대학교 동산병원 의학연구윤리심의위원회의 심의를 통과하였다(IRB 13-12-026).

## 결 과

전체 신이식 환자는 404명으로 평균연령은 42.9 ( $\pm 10.9$ )세였고, 남자가 221명(54.7%)이었다. 평균 추적 관찰기간은 52.7개월(12.0~148.0개월)이었다. 뇌사기증자의 평균 연령은 39.4( $\pm 14.5$ )였고 남자가 280명(69.3%)였다(Table 1). 전체 환자의 평균 KDRI값은 1.01 (최소값, 0.55; 최대값, 1.88)이었다. 뇌사기증자의 95.3%가 KDRI 1.5 미만이었다(Fig. 1). KDRI의 구간별 분포는 KDRI 0.8 미만이 92명(22.8%), 0.8 이상~1.0 미만은 132명(32.7%), 1.0 이상~1.2 미만은 111명(27.5%), 1.2 이상~1.4 미만은 40명(9.9%), 1.4 이상은 29명(7.2%)이었다.

이식신의 KDRI 각 구간별 1년째 평균 신기능은 72.2, 65.8, 63.2, 59.1, 47.1 mg/dL로 KDRI가 증가할수록 1년째 신기능이 감소하는 결과를 보였다( $P < 0.001$ ) (Fig. 2). 또한, KDRI별 1년째 신기능과의 상관분석에서 KDRI가 증가할수록 1년째 신기능이 유의하게 감소하는 소견을 보였다(Spearman  $\rho = -0.258$ ;  $P < 0.001$ ). 각 구간별 5년 이식신 생존율은 각각 91.6%, 92.2%, 91.3%, 94.1%, 56.4%로 1.4 미만의 구간에서는 90%정도로 유사하였으나 1.4 이상에서 생존율이 유의하게 감소하였다

**Table 1.** Demographics of deceased kidney donor (n=404)

Variable	Value
Age	39.4 $\pm$ 14.5
Sex, male	280 (69.3)
istory of HTN	68 (16.8)
Diabetes mellitus	10 (2.5)
Cause of death	
CVA	349 (86.4)
Others	55 (13.6)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.3 $\pm$ 2.9
Proteinuria	11 (2.7)
Cardiotonics use	
Norepinephrine	193 (47.8)

Data are presented as mean  $\pm$  SD or number (%).

Abbreviations: HTN, hypertension; CVA, cerebral vascular accident; BMI, body mass index.

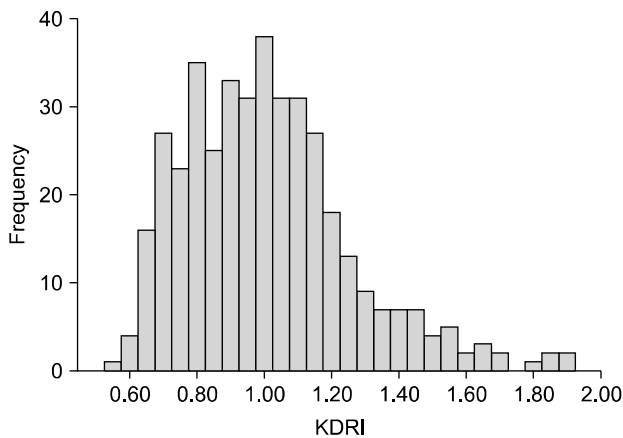


Fig. 1. Histogram of kidney donor risk index (KDRI).

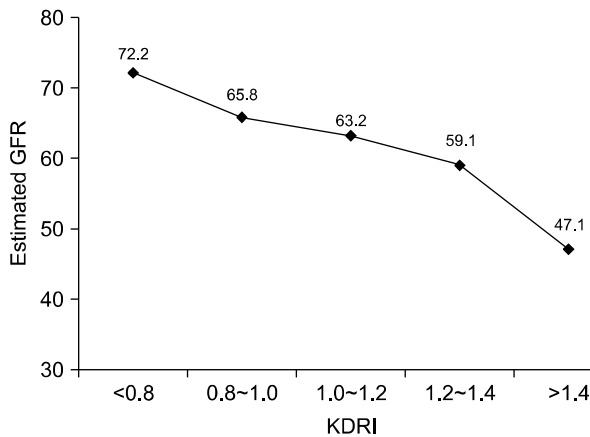


Fig. 2. One year estimated glomerular filtration rate (GFR) by kidney donor risk index (KDRI) category.

( $P=0.001$ ) (Fig. 3).

KDRI 구간별 UNOS criteria로 분류한 SCD와 ECD의 비율을 분석하여 보면, KDRI 0.8 미만에서는 93.5%가 SCD에 속하였고, KDRI가 0.8~1.0 에서는 93.9%, 1.0~1.2에서는 83.8%, KDRI 1.2~1.4에서는 47.5%였으며, KDRI 1.4 이상에서는 모든 기증자가 ECD로 분류되었다 (Fig. 4). KDRI의 구간이 증가하면서 ECD의 비율이 뚜렷이 증가되는 경향이 보이나, 낮은 KDRI에서도 ECD로 분류되는 기증자들이 없는 것은 아니었다.

KDRI 1.4 이하인 기증자를 UNOS criteria에 따라 분류하면 322명(85.9%)가 SCD로 53명(14.1%)이 ECD로 분류되었다. 1년째 신기능은 SCD에서 66.3 mg/dL였고, ECD에서 63.1 mg/dL로 두 군 간의 차이가 없었다( $P=0.420$ ). 또한, 5년 신생존율은 SCD에서 95.1%, ECD에서 93.9%로 차이를 보이지 않았다( $P=0.343$ ) (Table 2).

KDRI 1.2~1.4군은 40명으로 UNOS criteria에 따라

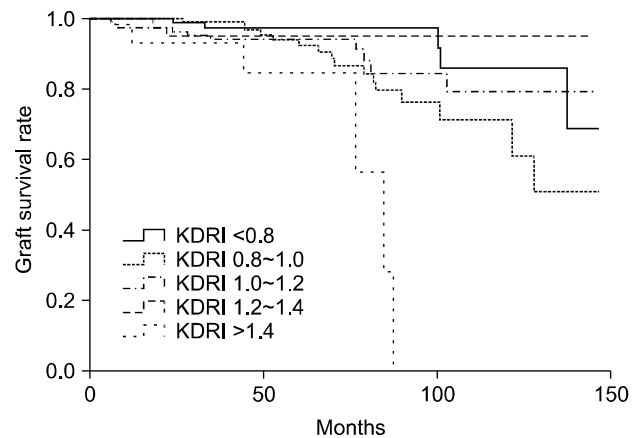


Fig. 3. Five-year graft survival by kidney donor risk index (KDRI) category.

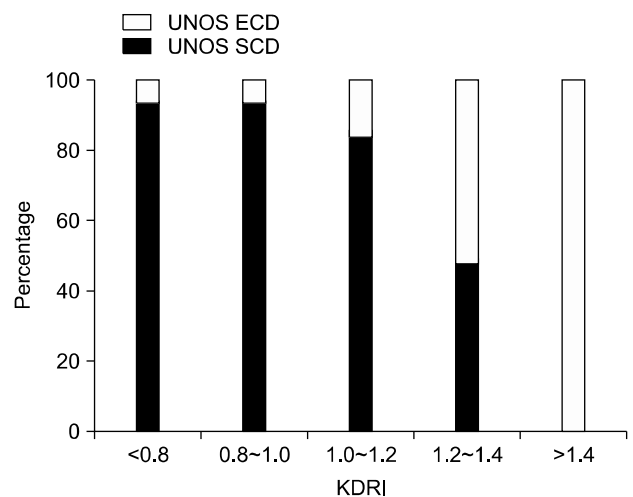


Fig. 4. Percentages of patients in expanded criteria donor (ECD) and standard criteria donor (SCD) by kidney donor risk index category. Abbreviation: UNOS, United Network for Organ Sharing.

분류하면, SCD환자가 19명(47.5%), ECD가 21명(52.5%)으로 혼재되어 있었다. 이 환자들을 SCD/ECD로 분류하여 1년째 신기능과 5년 신생존율을 분석하여 보면, 1년째 신기능은 각각 63.1 mg/dL, 63.7 mg/dL였고( $P=0.177$ ), 5년 신생존율은 94.1%, 93.8%로 차이가 없었다( $P=0.840$ ).

## 고 찰

신이식에서 기증 신장의 예후에 대한 정확한 평가는 수혜자에게는 수술상담 시 기증 신장에 대한 정확한 정보를 제공할 수 있다는 것, 그리고 의료진에게는 제공된 이식신의 사용 여부의 결정, 그리고 사회적으로는 장기배

**Table 2.** Comparisons of demographics, 1-year graft function and 5-year graft survival rate between standard criteria donor and expanded criteria donor

Variable	SCD (n=322)	ECD (n=53)	P-value
Age	36.4±13.5	51.0±12.6	< 0.001
Sex, male	224 (69.6)	56 (68.3)	0.893
History of HTN	28 (8.7)	40 (48.8)	< 0.001
Diabetes mellitus	4 (1.2)	6 (7.3)	0.006
Cause of death			
CVA	270 (83.9)	79 (96.3)	0.002
Others	52 (16.1)	3 (3.7)	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.1±3.0	23.0±2.5	0.007
Proteinuria	7 (2.2)	4 (4.9)	0.245
Cardiotonics use			
Norepinephrine	155 (48.1)	38 (46.3)	0.805
GFR at 1-year (mg/dL)	66.3±27.3	63.1±23.2	0.420
Graft survival rate at 5-year (%)	95.1	93.9	0.285

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

Abbreviations: SCD, standard criteria donor; ECD, expanded criteria donor; HTN, hypertension; CVA, cerebral vascular accident; BMI, body mass index; GFR, glomerular filtration rate.

분정맥을 수립하는 것에 근거가 될 수 있다는 측면에서 중요한 의미를 가진다. 또한, 이식 대기자가 급속히 증가하는 현 상황에서 기증신장의 상태를 정확히 평가할 수 있다면, 버려지는 장기를 줄이고, 신이식 수혜의 기회를 증가시킬 수 있다는 점에서도 중요한 의미를 가진다. 기증자의 여러 인자들을 이용하여 이식신의 예후를 평가하기 위한 노력은 과거부터 지속되어 왔다(8,9). 미국에서는 국가적인 데이터시스템을 기반으로 10가지의 뇌사기증자 정보를 바탕으로 신뢰성 높은 이식신 실패의 상대 위험도 예측모델인 기증신장 위험척도(KDRI)를 개발하였다. KDRI는 비교적 손쉽고 정확하게 기증신장의 실패율을 예측할 수 있는 것으로 평가되고 있다(6,10).

미국 OPTN의 자료에 의하면, 미국인에서 KDRI의 범위는 0.43에서 3.61이었고, 평균 KDRI는 1.08이었으며, 95%가 1.87 이하의 KDRI값을 가지는 것으로 보고하였다(7). 본 연구의 결과와 비교해 보면, 한국인의 경우 평균 KDRI는 1.01로 비슷하다고 할 수 있으나, KDRI의 범위는 0.55에서 1.88로, 한국인의 가장 높은 KDRI가 미국의 95% 정도의 값을 가지는 것을 알 수 있다. 한국인의 경우 인종에서 차이가 없고, C형 간염의 빈도나 심정지 후 기증이 적은 것이 최대 KDRI가 낮게 나타난 결과로 해석할 수 있다.

이식 후 1년째 계산된 평균 신기능은 KDRI의 구간이 증가할수록 감소하였고, 특히 KDRI가 1.4 이상인 기증자

군에서는 1년째 신기능이 상당히 감소하는 결과를 보였다. 각 KDRI구간별 이식신 생존율의 경우 각 구간간 차이는 크지 않았으나, KDRI 1.4 이상에서 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 KDRI가 이식신 기능 및 예후와 음의 상관성이 있는 것으로 받아들일 수 있겠다.

KDRI를 이용하여 기증신장을 평가하는 것은, 단순히 표준범주에 속하는 신장이나 확장범주에 속하는 신장으로 분류하기 보다는, 개별 기증 신장의 실패율을 정확히 예측하는 것에 의의가 있다. 본 연구에서, KDRI의 범주별로, SCD와 ECD의 분포는 상당 부분 중첩되어 있는 것을 알 수 있다. 어떤 신장은 KDRI가 1.2~1.4에 속하지만 SCD의 범주로 분류되게 되고, 어떤 신장의 경우는 KDRI가 0.8 이하인데도 ECD에 분류되는 것도 있다. SCD와 ECD가 중첩되어 있는 1.4 이하의 환자들을 대상으로 ECD와 SCD간의 1년째 신기능과 5년 신생존율의 비교에서, 두 군 간 차이를 나타내지 않는 것은, KDRI가 이식신의 예후를 보다 정확히 평가하는 것으로 해석할 수 있다.

OPTN에서는 KDRI의 정도에 따라 어느 정도 이상이면 “좋다” 어느 정도 이하면 “나쁘다”라는 이분법적인 적용을 하지 않도록 권고하고 있다(7). 왜냐하면, KDRI는 성인에서 신이식 후 평균적인 신이식 실패율에 비해 상대적 위험도를 의미하는 것으로, KDRI가 1.28이라는 것은 평균적인 기증신장에 비해 이식신 실패의 위험도가 1.28배 높다는 것을 의미하기 때문이다. 본 연구에서는 KDRI와 이식신 기능 및 생존율 간에 상관성을 확인하였으나, 한국인에서도 KDRI값 자체가 상대적 위험도의 척도로 사용될 수 있을지를 확인한 것은 아니기 때문에, 실제적인 상대위험도의 정도가 어느 정도인지에 대해서는 연구가 이루어져야 한다.

## 결론

본 연구에서 KDRI는 우리나라 환자들에서도 이식 후 신기능 및 생존율 예측에 의미를 가진다. 그렇지만, KDRI가 미국의 평균환자에 대한 상대위험도를 의미하기 때문에, 국내 환자에서 평균환자에 대한 상대위험도를 예측하는 평가가 이루어져야 한다.

## 감사의 글

본 연구를 위해서 환자의 자료를 제공해 주신 경북대학교병원, 인제대학교 부산백병원, 전남대학교병원, 전북대학교병원 이식센터에 감사드립니다.

## REFERENCES

- 1) Korean Network for Organ Sharing. KONOS 2012 Annual Data Report [Internet]. Cheonwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention; c2013 [cited 2014 Jan 14] Available from: <http://konos.go.kr>.
- 2) Crew RJ, Ratner LE. ABO-incompatible kidney transplantation: current practice and the decade ahead. *Curr Opin Organ Transplant* 2010;15:526-30.
- 3) Evenson AR. Utilization of kidneys from donation after circulatory determination of death. *Curr Opin Organ Transplant* 2011;16:385-9.
- 4) Schold JD, Segev DL. Increasing the pool of deceased donor organs for kidney transplantation. *Nat Rev Nephrol* 2012;8:325-31.
- 5) Rosengard BR, Feng S, Alfrey EJ, Zaroff JG, Emond JC, Henry ML, et al. Report of the Crystal City meeting to maximize the use of organs recovered from the cadaver donor. *Am J Transplant* 2002;2:701-11.
- 6) Rao PS, Schaubel DE, Guidinger MK, Andreoni KA, Wolfe RA, Merion RM, et al. A comprehensive risk quantification score for deceased donor kidneys: the kidney donor risk index. *Transplantation* 2009;88:231-6.
- 7) Health Resources and Services Administration. Organ Procurement and Transplantation Network (OPTN) [Internet]. Washington: Health Resources and Services Administration; c2013 [cited 2014 Jan 13]. Available from: <http://optn.transplant.hrsa.gov/resources>.
- 8) Jeong JC, Kim MG, Ro H, Kim YJ, Park HC, Kwon HY, et al. Kidney transplantation using expanded criteria donors in Korea. *Transplant Proc* 2012;44:54-6.
- 9) Kim JM, Kim SJ, Joh JW, Kwon CH, Song S, Shin M, et al. Is it safe to use a kidney from an expanded criteria donor? *Transplant Proc* 2011;43:2359-62.
- 10) Gourishankar S, Grebe SO, Mueller TF. Prediction of kidney graft failure using clinical scoring tools. *Clin Transplant* 2013;27:517-22.