

## 이식 신의 사구체 여과율 측정에서 정확한 감쇄 보정을 위한 신장 깊이 대표값 설정

가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실

오순남 · 김성훈 · 나성은 · 정용안 · 유이령 · 손형선 · 이성용 · 정수교

### **Determination of Representative Renal Depth for Accurate Attenuation Correction in Measurement of Glomerular Filtration Rate in Transplanted Kidney**

Soon Nam Oh, M.D., Sung Hoon Kim, M.D., Sung Eun Rha, M.D., Yong An Chung, M.D.,  
Ye Ryung Yoo, M.D., Hyung Sun Sohn, M.D., Sung Young Lee, M.D. and Soo Kyo Chung, M.D.

*Department of Radiology, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea*

#### **Abstract**

**Purpose:** To measure reliable glomerular filtration rate by using the representative values of transplanted renal depths, which are measured with ultrasonography. **Materials and Methods:** We included 54 patients (26 men, 28 women), with having both renal scintigraphy and ultrasonography after renal transplantation. We measured GFR with Gates' method using the renal depth measured by ultrasonography, and median and mean ones in each patient. We compared GFR derived from ultrasonography-measured renal depth with GFR derived from median and mean renal depths. The correlation coefficients were obtained among GFR derived from ultrasonography-measured renal depths, median and mean renal depths under linear regression analysis. We determined whether GFR derived from median or mean renal depth could substitute GFR derived from ultrasonography-measured renal depth with Bland-Altman method. We analyze the expected errors of the GFR using representative renal depth in terms of age, sex, weight, height, creatinine value, and body surface. **Results:** The transplanted renal depths range from 3.20 cm to 5.96 cm. The mean value and standard deviation of renal depths measured by ultrasonography are  $4.09 \pm 0.65$  cm in men, and  $4.24 \pm 0.78$  cm in women. The median value of renal depths measured by ultrasonography is 4.36 cm in men and 4.14 cm in women. The GFR derived from median renal depth is more consistent with GFR derived from ultrasonography-measured renal depth than GFR derived from mean renal depth. Differences of GFR derived from median and ultrasonography-measured renal depth are not significantly different in the groups classified with creatinine value, age, sex, height, weight and body surface. **Conclusion:** When median value is adapted as a representative renal depth, we could obtain reliable GFR in transplanted kidney simply. (*Korean J Nucl Med* 2002;36:271-6)

**Key Words:** Kidney transplantation, Glomerular filtration rate, Renal depth,  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA

Received May 13, 2002; accepted Aug 12, 2002

Corresponding author: Sung Hoon Kim, M.D., Department of Radiology, The Catholic University of Korea. 505 Banpo-dong, Seocho-Ku, Seoul, 137-040, Korea

Tel: 82-2-590-1752, Fax: 82-2-593-2992, E-mail: sghnk@catholic.ac.kr

※ 이 논문은 2001년 가톨릭 중앙의료원 연구, 보조비의 지원을 받았음.

## 서 론

Gates법으로 사구체 여과율을 측정할 때 배후 방사능과 신장 깊이에 따라 오차가 발생하게 되고 이를 줄이기 위하여 배후 방사능 교정과 신장 깊이에 따른 감쇄 보정을 하게 된다.<sup>1,2)</sup> 이 중 감쇄 보정을 위한 신장 깊이를 측정하는 가장 정확한 방법은 신 스티그라피 시행 전후에 전산화단층촬영(CT)이나 초음파 검사로 신장 깊이를 측정하는 것이다. 그렇지만 신 스티그라피를 시행할 때마다 이렇게 신장 깊이를 실측하는 것은 시간과 비용 면에서 효율적이지 못하다. 따라서 Tonnesen 등<sup>3)</sup>은 초음파 검사를, Talyor 등<sup>4)</sup>과 유 등<sup>5)</sup>은 CT를 이용하여 각각 신장과 체중을 변수로 하여 신장 깊이를 산출할 수 있는 방정식을 구하였고 이 방정식들은 현재 감마카메라 법으로 GFR을 구할 때 임상에서 널리 활용되고 있다.

한편 이식 신의 경우 생체 신과는 달리 수술로 일정한 부위에 이식 하게 되므로 생체신의 신장 깊이 산출에 사용하는 것과 같은 방정식을 도출하여 이용할 수는 없을 것으로 생각된다. 이에 저자들은 신장이식 환자에서 초음파검사로 이식 신의 깊이를 측정하여 그 대표값을 구하고, 이 대표값과 초음파 검사로 측정된 각 개인의 신장 깊이를 각각 적용하여 얻은 사구체 여과율 들을 비교하여 이 대표값이 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있는지를 알아보 고자 하였다

## 대상 및 방법

1999년도 11월부터 2001년도 6월까지 신장 이식을 받은 직후 초음파 검사와 신 스티그라피를 모두 시행 받은 성인 54명(남자 26명, 여자 28명, 평균 나이 38세, 16~59세)을 대상으로 하였다.

초음파 검사는 이식 후 평균 6.6 (0~9)병일에 시행하였고 이식 신의 깊이는 초음파 검사 시 측상면에서 직경이 최대가 되는 위치의 피부에서 이식 신까지의 최단 거리와 최장 거리를 측정하여 이들의 평균값으로 정하였다.

신 스티그라피는 이식 후 평균 7 (3~12)병일에 시행하였으며 초음파 검사와의 간격은 평균 2일 (0~8일)이었다. 신 스티그라피는 <sup>99m</sup>Tc-DTPA 185 MBq을 상완 정맥에 순간 주사한 후 저 에너지 평행 구멍형 조준기를 장착한 감마 카메라(ORBITER, Siemens, Germany)로 양와위에서 전면 영상을 얻었다. <sup>99m</sup>Tc-DTPA를 주사하기 전에 먼저 주사기 영상을 감마카메라 검출기로부터 30 cm 거리에서 얻었고, 신 스티그라피를 얻은 후 같은 방법으로 주사 후 주사기의 영상을 얻었으며, 또한 전박부의 영상을 얻어 각각의 방사능 계수를 구하여 실제로 환자의 혈류로 들어간 방사능을 측정하였다. 배후 방사능의 교정을 위해 신장 외연에서 2 pixel 떨어진 신장 외 하측에 반월형(crescent shape)의 관심영역을 설정하였다.

초음파 검사로 측정된 54명의 신장 깊이를 이용하여 이식 신장 깊이의 전체 평균 값, 남 여 평균 값, 정규 분포 곡선 상에서의 남 여 각각의 중앙값(이하 남 여 중앙값)을 구하였고, 신장 깊이 값 들의 중앙값을 이용해 Gates 법으로 산출한 각각의 사구체 여과율을, 초음파로 측정된 신장 깊이로 산출한 사구체 여과율(이하 실측 사구체 여과율이라 한다)과 비교하여 그 상관도를 구하였다. Bland-Altman 방법<sup>6,7)</sup>으로 평균값과 중앙값을 이용해 구한 사구체 여과율이 실측 사구체 여과율을 대체할 수 있는 지 알아 보고 사구체 여과율의 큰 편차로 인한 오차를 보정하기위해 위해 차이값/평균값으로 그 대체성을 알아 보았다. 한편, 검사 시의 신장, 체중, 연령, 성별, 체표면적의 평균값을 기준으로 표본수가 유사한 2~3개의 환자 군으로 나누어 초음파로 측정된 신장 깊이와 이 들 값의 남 여 중앙값을 각각 적용한 사구체 여과율을 간에 각 군에서 유의한 차이가 있는지를 unpaired t 검정과 ANOVA로 검정하였다. 체표면적은 Edmund 등<sup>8)</sup>의 방법에 따라 환자들의 신장과 체중을 이용하여 구하였다. 크레아티닌 값은 정규분포를 이루지 않아 중앙값 1.3 mg/dL를 기준으로 1.3 md/dL이하 군과 1.3 mg/dL초과 군으로 나누어 분석하였다.

결 과

이식 신장 깊이는 3.20~5.96 cm까지 분포하며 남자에서 신장 깊이의 평균값과 표준 편차는 4.09±0.65 cm이었고 여자에서의 평균값과 표준 편차는 4.24±0.78 cm 이었다. 신장 깊이 값의 정규 분포 상에서 중앙값은 남자가 4.36 cm, 여자가 4.14 cm였다. 실측 사구체 여과율의 평균값과 표준 편차는 51.2±19.9 ml/min 이었고, 신장 깊이의 평균값과 중앙값을 이용해 구한 사구체 여과율의 평균값과 표준 편차는 각각 48.5±21.6, 50.9±20.9 ml/min 이었다. 실측 사구체 여과율과 남 여 평균값을 적용하

여 구한 사구체 여과율 사이의 상관 계수 R<sup>2</sup>은 0.658이었고, 남 여 중앙값을 이용해 구한 사구체 여과율과의 상관 계수 R<sup>2</sup>은 0.862로 신장 깊이의 남 여 평균값 보다 중앙값을 적용하여 구한 사구체 여과율이 실측 사구체 여과율에 더 잘 일치하는 결과를 보였다(Fig. 1). Bland-Altman 방법으로 각각의 차이값을 통해 알아 본 결과 중앙값과 평균값은 모두 실측 사구체 여과율을 대체할 수 있었다(Table 1). 그러나 사구체 여과율의 큰 편차를 보정하기 위해 차이값/평균값을 이용한 t 검정에서 중앙값을 이용해 구한 사구체 여과율은 실측 사구체 여과율을 대체할 수 있었으나 평균값을 이용해 구한 사구체 여과율은 실측 사구체 여과율을 대체할 수 없었다

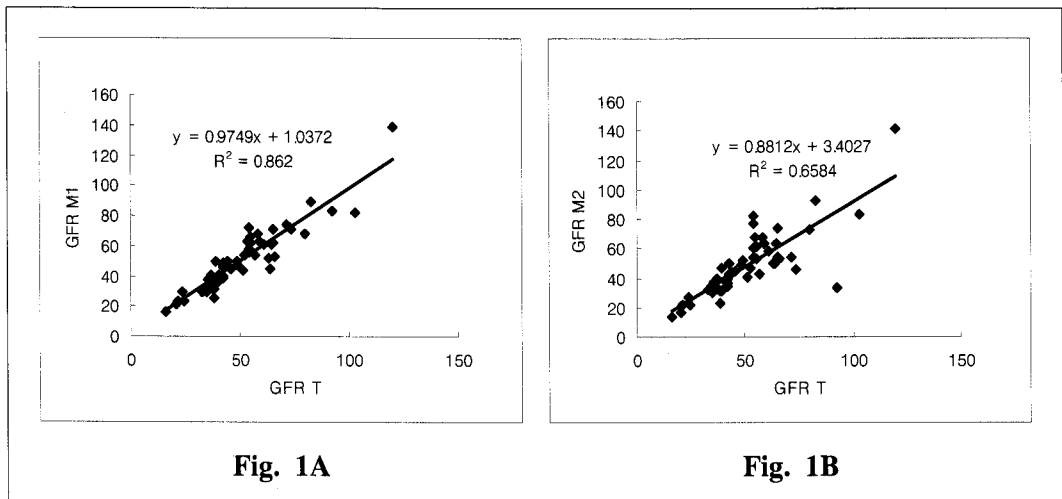


Fig. 1. Correlation Coefficient of GFR T and GFR M1 (Fig. 1A), and Correlation coefficient of GFR T and GFR M2 (Fig. 1B).  
 GFR M1; GFR derived from median values of ultrasonography-measured renal depth.  
 GFR M2; GFR derived from mean values of ultrasonography-measured renal depth.  
 GFR T; GFR derived from ultrasonography-measured renal depth.

Table 1. Outcomes of Analysis of Differences by One-Sample t-test

	Mean difference (±SEM)	95% CI for mean difference	t	P	Fixed bias
M <sub>1</sub> T	0.25±7.77	-1.87,2.36	0.233	0.817	No
M <sub>2</sub> T	-2.64±12.83	-6.18,0.83	-1.531	0.13	No

M<sub>1</sub>, GFR derived from median of renal depths; M<sub>2</sub>, GFR derived from mean of renal depths; T, GFR derived from ultrasound measured renal depth.  
 SEM, standard error of the mean. 95% confidence interval for mean difference; t, one-sample t statistic at d.f.=25; P, two-sided P value from t-test; fixed bias, if P≤0.05 or 95% CI does not include 0.

(Table 2). 신장 깊이의 남녀 중앙값을 대표값으로 할 때 이를 통해 구한 사구체 여과율과 실측 사구체 여과율의 차이값/평균값은 크레아티닌 값과 연령, 성별, 신장, 체중, 체표 면적 등을 기준으로 분류한 환자군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3~6).

고 찰

사구체 여과율을 구하는 방법 중 방사성 동위원소를 이용하는 방법에는 혈액 및 뇨의 방사능을 측정하거나 감마 카메라를 이용하는 방법으로 크게 나눌 수 있다. 뇨와 혈액에서의 방사능을 측정하여 사구체 여과율을 산출하는 방법은 검사물의 채취

Table 2. Outcomes of Analysis of Difference/mean by One-sample t-test

	Mean difference (±SEM)	95% CI for mean difference	t	P	Fixed bias
M <sub>1</sub> T	1.05	-2.77,4.87	0.552	0.584	No
M <sub>2</sub> T	-0.68	-12.72,-0.1	-2.339	0.023	Yes

M1, GFR derived from median of renal depths; M2, GFR derived from mean of renal depths ; T, GFR derived from ultrasonography measured renal depth

SEM, standard error of the mean. 95%confidence interval for mean difference; t, one-sample t statistic at d.f.=25; P, two-sided P value from t-test; fixed bias, if P≤0.05 or 95% CI does not include 0.

Table 3. Outcomes of Difference/mean by Unpaired t-test between to Creatinine Value Groups

	N	Mean	SD	F	P
C <sub>1</sub>	28	-0.95	14.04	0.015	0.901
C <sub>2</sub>	26	3.21	13.9		

C<sub>1</sub>, creatinine≤1.3 mg/dL; C<sub>2</sub>, creatinine>1.3 mg/dL

SD, standard deviation; P, two-sided P value from t-test.

Table 4. Outcomes of Difference/mean by Unpaired t-test between two Age Groups

	N	Mean	SD	F	P
A <sub>1</sub>	31	0.96	13.90	0.003	0.957
A <sub>2</sub>	21	1.18	14.44		

A<sub>1</sub>, Age=40; A<sub>2</sub>, Age>40

SD, standard deviation; P, two-sided P value from t-test

Table 5. Outcomes of Difference/mean by Unpaired t-test between Male and Female Groups

	N	Mean	SD	F	P
S <sub>1</sub>	28	2.84	14.27	0.462	0.50
S <sub>2</sub>	26	-0.88	13.70		

S<sub>1</sub>, female; S<sub>2</sub>, male.

SD, standard deviation; P, two-sided P value from t-test.

**Table 6.** Outcomes of Difference/mean by ANOVA between Groups of Height, Weight, and Body Surface

	Group	F	P
Height	H1; $\leq 160$ cm	0.210	0.811
	H2; $160 < \leq 170$ cm		
	H3; $> 170$ cm		
Weight	W1; 50 kg	1.961	0.151
	W2; $50 < \leq 63$ kg		
	W3; $> 63$ kg		
Body surface	BS1; $\leq 1.5$ m <sup>2</sup>	0.938	0.398
	BS2; $1.5 < \leq 1.7$ m		
	BS3; $> 1.7$ m <sup>2</sup>		

P, two-sided P value from t-test.

자체에 번거로움이 있다. 또한 혈액 채취법을 통한 사구체 여과율의 측정은 신기능이 의미 있게 감소되어 있는 환자와 부종이나 복수, 흉막 삼출이 심하여 제 3공간으로의 체액 손실이 심한 경우에 적절하지 못하다. 특히 신장이식 환자에서는 기존 신장의 기능이 남아 있는 경우 이식 신의 사구체 여과율을 과장 시킬 수 있다. 그에 비하여 Gates 법은 정확도는 혈장 채취법에 비하여 떨어지나 간편하고 재현도가 우수하여 널리 이용되고 있다.

신장을 이식하는 위치는 일반적으로 좌측 혹은 우측 장골와이고 공여자 신장 동맥은 수혜자의 내장골 동맥에, 공여자 신장 정맥은 수혜자의 외장골 정맥에 연결된다. 이식된 신장 길이는 수혜자의 체중, 복벽 두께, 이식 신 자체의 크기와 수술 후 부종이나 혈종과 같은 합병증 등에 의해 개인 차이가 발생할 것으로 생각되나 이는 생체 신과 비교하여 대체로 일정 부위 및 길이에 이식하게 되므로 신장이나 체중의 영향을 덜 받게 되어 어느 정도 일정할 것으로 추정하였다. 따라서 이식 신의 신장깊이를 대표할 만한 값을 구할 수 있다면 이를 이용한 감쇄 보정을 통해 사구체 여과율 측정의 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

이식 신장 깊이를 대표할 만한 값을 구하는데 있어 직선 회귀 분석에서는 신장 깊이의 남 여 평균값을 이용한 사구체 여과율보다 남 여 중앙값으로 구한 사구체 여과율이 실측 사구체 여과율과 더 잘 일치하는 결과를 보이나 Bland-Altman 방법으로 두

값의 차이를 단순 t 검정한 결과 두 방법 모두 실측 사구체 여과율을 대체할 수 있는 것으로 보인다. 그러나 본 연구에서 사구체 여과율은 그 값의 크기가 20.5~120 ml/min까지 다양한 범위에 걸쳐 있어 단순한 차이값을 사용하는 것은 오차를 유발할 수 있을 것으로 생각되어 이를 보정하기 위한 방법으로 차이값을 평균값으로 나누어 준 값으로 단순 t 검정을 시도한 결과 평균값을 이용해 구한 사구체 여과율은 실측 사구체 여과율을 대체할 수 없는 것으로 검정 되었다. 이것은 아마도 평균값은 신장깊이가 너무 크거나 작은 극단에 위치한 값들을 포함하여 오차를 유발하기 때문으로 생각된다.

이들 대표값은 생체 신 깊이를 구할 때와 같이 신장과 체중을 정해진 공식을 통해 도출한 값이 아니므로 체중과 신장에 의한 영향은 생체 신 보다 적지만 수술 방법, 인종, 지나친 복부 비만 등에 의해 차이가 유발될 수 있을 것으로 추정할 수 있다. 실제로 체중, 신장, 체표면적이 다른 환자군에서 대표값을 통한 사구체 여과율과 실측 사구체 여과율의 차이값들은 통계적으로 유의한 차이가 없어 이식 신의 경우, 이들에 의한 영향이 적음을 반영하는 것으로 보인다.

결론적으로 Gates법으로 이식 신의 사구체 여과율을 구할 때 감쇄 보정에 적용시킬 이식 신장 깊이의 대표값으로서 평균값보다 중앙값이 더 적절하다. 모든 이식 공여자에서 이 값을 이용하여 사구체 여과율을 측정한다면 신뢰할 수 있는 결과를 간편하

게 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

**목적:** 저자들은 이식 신장의 깊이를 이식 환자에서 초음파로 실측한 후 오차를 최소화하고 신뢰할 수 있는 신장 깊이의 대표값을 정하여 이식 신의 사구체 여과율을 보다 정확하게 측정하고자 하였다. **대상 및 방법:** 신장 이식술 직후 초음파검사와 신 스티그라피를 모두 시행 받은 이식 신 수여자 54명(남자 26명, 여자 28명)을 대상으로 하였다. 초음파 검사에서 측정된 신장 깊이를 이용하여 이식 신장 깊이의 전체 평균 값, 남 여 평균 값, 남 여 중앙값을 구하였고 이들을 이용해 Gates 법으로 산출한 각각의 사구체 여과율을 초음파로 구한 신장 깊이로 산출한 사구체 여과율 (이하 실측 사구체 여과율) 과 비교하여 그 상관도를 구하였다. 또한 환자들의 크레아티닌 수치, 신장, 체중, 연령, 성별, 체표면적 등에 따라 분류된 환자군 간에 실측 사구체 여과율과 남녀 중앙값을 이용한 사구체 여과율에 유의한 차이가 있는지를 t 검정과 ANOVA로 검정하였다. **결과:** 이식 신장 깊이는 3.20~5.96 cm까지 분포하며 남자에서 신장 깊이의 평균값과 표준 편차는 4.09±0.65 cm이었고 여자에서는 4.24±0.78 cm이었다. 남자 신장 깊이 중앙값은 4.36 cm이었고 여자에서는 4.14 cm였다. 신장 깊이의 남 여 평균값 보다 중앙값을 통해 구한 사구체 여과율이 실측 사구체 여과율에 더 잘 일치하였다. 중앙값을 이용한 사구체 여과율과 실측 사구체 여과율의 차이값은 환자들의 크레아티닌 수치, 연령, 성별, 신장, 체중, 체표면적 등에 따라 분류된 환자군 간에 통계적 유의한 차이가 없었다. **결론:** 이식 신의 사구체 여과율을 Gate 법으로 측정할 때 이식 신장 깊이의 대표값으로 중앙값을 적용하면 간편하게 신뢰할 만한 결과를 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) Lythgoe MF. Estimation and relevance of depth correction in pediatric renal studies. *Eur J Nucl Med* 1998;25:115-9.
- 2) Schober B, Cohen P, Lyster D, Charron M, Lentle B. Influence of kidney depth on the renographic estimation of relative renal function. *J Nucl Med* 1990;31:1576-7.
- 3) Tonnesen KH, Munck O, Hald T, Mogensen P, Wolf H. Influence on the radiorenogram of variation in skin to kidney distance and the clinical importance hereof. In: Zum Winkel K, Blaufox MD, Funck-Bretano JL, eds. *Proceedings of the international symposium on radio-nuclides in nephrology*. Stuttgart; Theime; April 1974:79-86.
- 4) Taylor A, Lewis C, Giacometti A, Hall EC, Barefield KP. Improved formulas for the estimation of renal depth in adults. *J Nucl Med* 1993;34:1766-9.
- 5) 유이령, 김성훈, 정용안, 정현석, 이해규, 박영하 외 5인. 사구체 여과율 측정을 위한 한국인의 신장 깊이에 관한 방정식 도출과 이용. *대한핵의학회지* 2000;34(5):418-25.
- 6) Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading *Lancet* 1995;346: 1085-87.
- 7) Ludbrook J. Statistical techniques for comparing measurers and methods of measurement: a critical review. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2002;29: 527-36.
- 8) Edmund A, Stephen L. Estimation of human body surface area from height and weight. *Cancer chemotherapy reports part I Vol. 54, No. 4* 1970;54:225-35.