

Original Article

동적 신장 신티그래피 검사 시 사용되는 Gates 법과 Modified Gates 법의 사구체 여과율 비교에 관한 고찰

연세의료원 세브란스병원 핵의학과

함준철 · 반영각 · 박민수 · 조석원 · 임한상 · 김재삼 · 이창호

A Study on Glomerular Filtration Rate Comparisons between Gates Method and Modified Gates Method used in Dynamic Renal Scintigraphy

Jun Cheol Ham, Young Kag Bahn, Min Soo Park, Seok Won Cho, Han Sang Lim, Jae Sam Kim and Chang Ho Lee

Department of Nuclear Medicine, Severance hospital, Yonsei University Health System, Korea

Purpose: Glomerular filtration rate is an important index for assessment of renal function, early discovery of renal disease, and progress observation of chronic renal disease patients. In the present study, the objective is to conduct a comparative analysis of differences between Gates and Modified Gates method in dynamic renal scintigraphy based on MDRD (Modification of Diet Renal Disease) formula using blood collection. **Materials and Methods:** Renal scintigraphy was performed for 45 patients who visited our hospital between November 2010 and August 2011. For 20 patients of those tested, glomerular filtration rates from Gates method and MDRD formula using AGUS equipment, were compared. For the other 20 patients, glomerular filtration rates from Modified Gates method and MDRD formula using INFANIA equipment. Finally, Gates and Modified Gates method were compared for 5 patients who indicated no change in glomerular filtration rates from MDRD formula during progress observation. **Results:** Glomerular filtration rates from both Gates and Modified Gates method showed a high correlation with those from MDRD formula ($p < 0.01$, $r = 0.903$, $r = 0.867$), with a paired difference mean for Gates method of 2.05 ± 2.54 mL/min/1.73 m, and that for Modified Gates method of 25.2 ± 3.71 mL/min/1.73 m. Finally, the values for Gates method and those for Modified Gates method showed a high correlation for the five patients ($p < 0.05$, $r = 0.949$), with a paired difference mean of 20.4 ± 8.84 mL/min/1.73 m. **Conclusion:** Glomerular filtration rates from Gates method, Modified Gates method and MDRD formula showed mutually high correlations. If the tests are performed with recognition for the correlations between Gates and Modified Gates method used in a dynamic renal scintigraphy, then an accurate assessment of renal function is considered possible with an improved diagnostic ability. (*Korean J Nucl Med Technol* 2012;16(1):96-101)

Key Words : Renal scintigraphy, Gates method, Modified Gates method, MDRD (Modification of Diet Renal Disease)

서 론

신장의 기능은 대사노폐물을 배설하고 수분 및 전해질이

체내에 일정한 상태가 유지 되도록 한다. 신장에는 100만개 이상의 네프론이 있고, 네프론 내의 사구체에서 하루 180 L 정도가 여과 된다. 사구체의 내벽에는 수 많은 작은 구멍이 있으며, 그 투과성은 모세혈관보다 높다. 직경이 약 10 nm 정도의 다공성 막으로 혈액이 이 곳을 통과 하며, 압력의 차이로 여과가 이루어 진다. 즉, 사구체란 신장에서 혈액을 여과하는 기본 단위 조직으로 단위 시간 당 여과되는 여과액을 사구체 여과율(Glomerular Filtration Rate, GFR)이라 하며,

• Received: February 29, 2012, Accepted: April 6, 2012.

• Corresponding author: Jun Cheol Ham

Department of Nuclear Medicine, Yonsei University Health System,
134 Shinchon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul 120-749, Korea
Tel: +82-2-2228-6063, Fax: +82-2-2227-7062
E-mail: 0420A@yuhs.ac

이 사구체 여과율은 신기능의 평가 및 만성 신 질환(Chronic Kidney Disease, CKD)의 경과 관찰에 중요한 지표로, 지난 수십 년간 사구체 여과율의 측정 방법에 대한 많은 국내외의 연구가 있어 왔다.¹⁾ 현재까지 개발된 검사 방법 중 가장 정확한 검사로 알려진 이눌린 청소율(Inulin Clearance)은 환자에게 이눌린을 지속적으로 주입해야 할 뿐 아니라 정확한 요 수집을 위한 도뇨관 삽입이 필요할 수도 있으며, 측정 비용이 많이 들기 때문에 임상에서 일반적으로 사용하기에는 제한점이 많다. 그 외에도 사구체 여과율을 구하는 방법은 크게 평면영상방식의 카메라 방법을 사용하는 *in vivo* 또는 혈액 채취를 사용하는 *in vitro*에서 결정될 수 있다.^{2,4)} 감마 카메라를 이용한 사구체 여과율 측정법 중 가장 널리 이용되는 것이 Gates 방법인데, 혈액이나 소변을 채취하여 사구체 여과율을 측정하는 방법에 비해 정확도는 떨어지나 재현도가 우수하고 검사 시간이 짧으며 양측 신장 각각의 사구체 여과율을 구할 수 있고 신장 곡선을 함께 얻을 수 있다는 장점이 있다.⁵⁾ *In vitro*에서 사용되는 방법 중에는 혈청 크레아티닌 농도에 기초한 Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) 공식이나 Cockcroft-Gault (CG) 공식으로 사구체 여과율을 산출 하는 방법과 내인성 크레아티닌 청소율을 이용하여 사구체 여과율을 추정하고 있다. 또한 사구체 여과율을 측정하기 위하여 사용되는 방사성 동위원소를 이용하는 방법이 있으며 혈장 내 방사능을 직접 측정하는 Russell 법, 소변 내 방사능을 측정하는 Jackson 법 등 다양한 방법이 연구 되었다.^{6,7)} 하지만 많은 검사가 그렇듯이 서로 간의 장단점을 갖고 있으며, 그 상황에 따른 혹은 환자에 따른 적절한 방법과 이용된 방법에 대한 고찰이 필요할 것이다.

이에 본 연구자는 다양한 방법 중 감마 카메라를 이용한 동적 신장검사의 Gates 법과 Modified Gates 법을 채혈을 이용하여 MDRD 법 공식에 의한 사구체 여과율을 기준으로 그 경향을 분석 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2010년 11월부터 2011년 8월까지 연세대학교 의과대학 부속 신촌 세브란스 병원에 내원한 환자 중 총 45명을 대상으로 하였다. 그 중 20명의 환자는 감마 카메라를 이용한 Gates 법과 채혈을 통한 MDRD 법에 의한 사구체 여과율을 비교하였다. 다른 20명의 환자는 Modified Gates 법과 채혈을 통한 MDRD 법에 의한 사구체 여과율을 비교하였다. 마지막으로

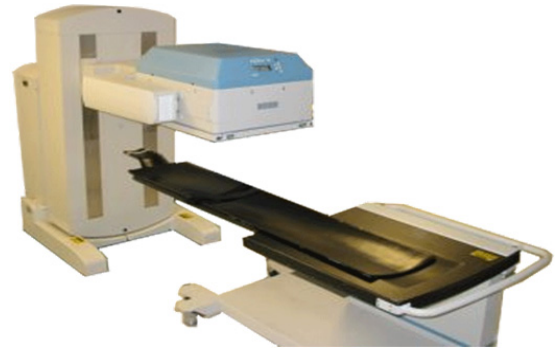


Fig. 1. ARGUS (Philips Medical System, Cleveland, OH, USA).



Fig. 2. INFINIA (General Electric Healthcare, Wisconsin, MI, USA).

5명의 환자는 두 번의 내원 시 각 채혈을 통한 사구체 여과율을 측정하였고, 채혈을 통한 MDRD 법에 의한 사구체 여과율이 변하지 않은 사람을 대상으로 하였다. 5명의 환자는 두 번의 내원 시 채혈 외에도 한 번은 Gates 법을, 다른 한 번은 Modified Gates 법을 시행하였다.

2. 연구 방법

Gates 법과 Modified Gates 법에 의한 감마 카메라를 이용한 동적 신장 검사는 모든 환자에게서 같은 방법으로 전처치를 시행하고, 모든 환자에게서 신장과 체중을 조사하였다. 검사 30분 전부터 물 0.5 L를 마시게 하여 수분을 충분히 공급한 후 검사를 시작하였다. 185 MBq (5 mCi)의 ^{99m}Tc-DTPA는 검사 전 감마 카메라를 이용하여 카운트를 측정하였다. 또한 검사를 마친 후의 ^{99m}Tc-DTPA 역시 감마 카메라를 이용하여 측정하였다. 이 때 사용된 matrix size는 128×128을 사용하였고, 총 60초 동안 측정하였다. 검사는 총 90장의 영상을 획득하였는데, 순간 주사와 함께 60 frame/sec로 60장의 영상을 획득 후 30 frame/10sec로 30장의 영상을 추가로 획득하였다. 총 6분 동안 얻은 영상의 matrix size는 64×64를 사용하였다. Gates 법과 Modified Gates 법을 이용하여 사구체 여

과율을 측정된 모든 환자는 동일한 날에 채혈을 통하여 MDRD법을 이용한 사구체 여과율 측정도 같이 진행하였다.

1) Gates법

감마 카메라를 이용한 방법 중 대표적 방법으로 ARGUS (Philips Medical System, Cleveland, OH, USA)가 사용되었다(Fig. 1). Processing에는 PEGASYS 4.2 version을 이용하였다. 영상 획득 후 적용된 공식은 다음과 같다.

$$\text{Uptake} = \frac{C_R - BKG_R}{e^{-\mu X_R}} + \frac{C_L - BKG_L}{e^{-\mu X_L}} \div \text{Injection Dose}$$

$$\text{GFR} = 9.8127 \times (\text{Lt uptake\%} + \text{Rt uptake\%}) - 6.82519$$

주사량, 신장, 갑음 등의 카운트를 이용하여 섭취율 측정 후 일정하게 정해진 상수를 이용 사구체 여과율을 산출하였다.

2) Modified Gates법

Gates법과 마찬가지로 감마 카메라를 이용한 방법으로서 Modified Gates법에서 사용된 장비는 INFINIA (General Electric Healthcare, Wisconsin, MI, USA)이다(Fig. 2). Processing에는 XELERIS를 이용하였다. 영상 획득 후 적용된 공식은 다음과 같다.

$$\text{Net Kidney cnts} = \text{Kidney cnts} - \frac{\text{BKG cnts}}{\#BKG \text{ pixels} \times \#Kidney \text{ pixels}}$$

$$\% \text{ Injection dose(ID)} = 100 \times \frac{\text{Net kidney cnts}}{\text{Predose cnts} \times \text{Postdose cnts}}$$

$$\text{GFR} = A \times (\% \text{ Dose uptake R \& L Kidney}) - B$$

주사량, 신장, 갑음 등의 카운트를 이용하여 섭취율 측정 후 나이, 몸무게, 키 등에 따라 다른 상수를 이용하여 사구체 여과율을 산출하였다.

3) Modification of Diet in Renal Disease

간접적 측정법 중 하나로서 혈청의 크레아티닌 농도를 이용하여 사구체 여과율을 계산하는 방법이다. 우선 혈청의 크레아티닌 농도는 생화학 분석기 중 Hitachi 7600-210 (Hitachi, Tokyo, Japan) 기기를 이용하여 Jaffe법으로 측정하였다(Fig. 3). 측정된 크레아티닌 수치는 다음과 같은 MDRD법 공식에 대입되어 사구체 여과율을 측정하였다.

$$\text{GFR} = 186 \times \text{Serum Creatinine}^{-1.154} \times \text{Age}^{-0.203} \times [\times 1.210 \text{ if Black}] \times [0.742 \text{ if Female}]$$

공식에는 인종과 여성에 대한 인자와 나이에 대한 인자 등이 포함되어 있다.

결 과

결과는 총 세 가지의 경우를 비교하여 진행하였다. 우선 20명의 환자는 Gates법과 MDRD법에 의한 사구체 여과율을 비교하였으며, 20명의 환자는 Modified Gates법과 MDRD법에 의한 사구체 여과율을 비교하였다. 마지막으로 5명의 환



Fig. 3. Hitachi 7600-210 (Hitachi, Tokyo, Japan).

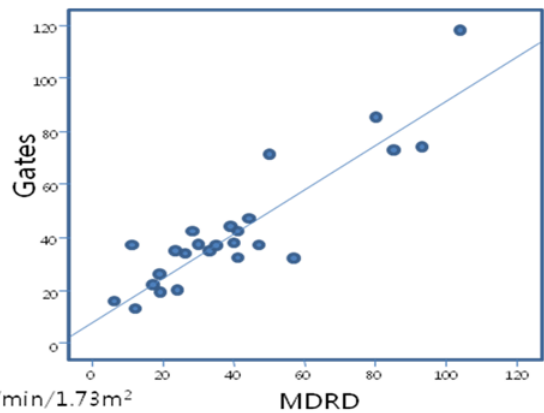


Fig. 4. Shows the correlation between Gates Method and Modification of Diet in Renal Disease.

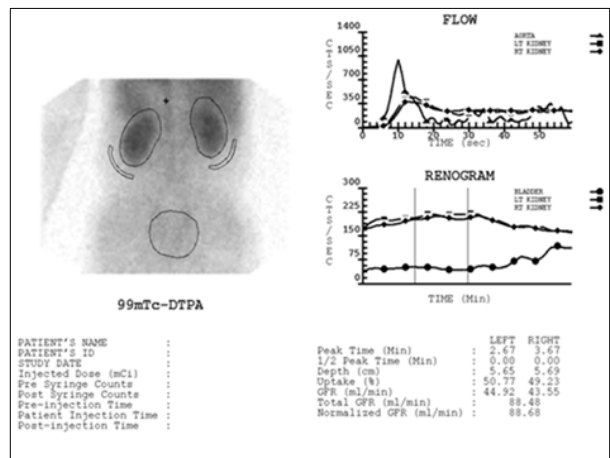


Fig. 5. Shows the results of Gates Method.

Table 1. Correlation and difference between the three methods

| | Correlation | p-value | Difference (mL/min/1.73 m ²) |
|--------------------------|-------------|---------|--|
| Gates and MDRD | 0.903 | < 0.01 | 2.05±2.54 |
| Modified Gates and MDRD | 0.867 | < 0.01 | 25.2±3.71 |
| Gates and Modified Gates | 0.949 | < 0.05 | 20.4±8.84 |

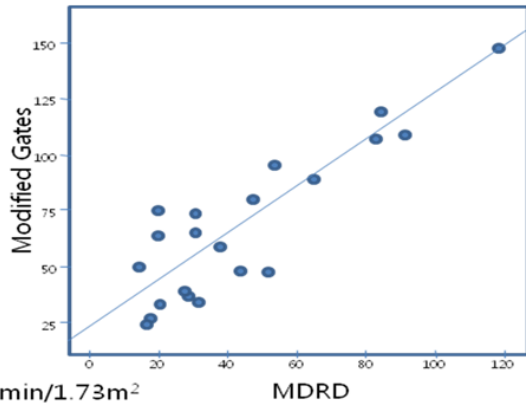


Fig. 6. Shows the correlation between Modified Gates Method and Modification of Diet in Renal Disease.

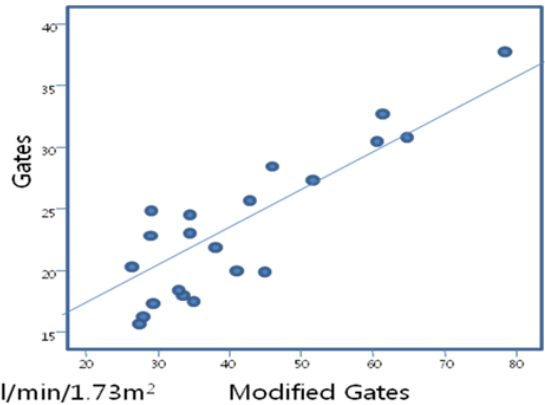


Fig. 8. Correlation between Gates Method and Modified Gates.

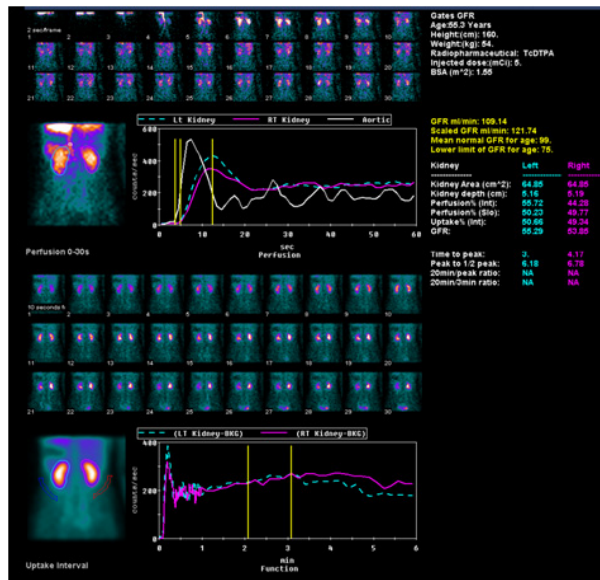


Fig. 7. Shows the results of Modified Gates Method.

자는 Gates법과 Modified Gates법을 비교하였다. 세 가지 방법 간의 상호 관계와 그 대응 차의 평균과 표준편차는 다음의 표와 같다(Table 1).

1. Gates법과 MDRD법에 의한 사구체 여과율

다음의 그래프는 Gates법과 MDRD법을 비교한 결과의 상관도를 보여주고 있다(Fig. 4). 다음의 그림은 Gates법을

이용하였을 때 산출한 사구체 여과율의 결과 창이다(Fig. 5).

2. Modified Gates법과 MDRD법에 의한 사구체 여과율

다음의 그래프는 Modified Gates법과 MDRD법을 비교한 결과의 상관도를 보여주고 있다(Fig. 6). 다음의 그림은 Modified Gates법을 이용하였을 때 산출한 사구체 여과율의 결과 창이다(Fig. 7).

3. Gates법과 Modified Gates법에 의한 사구체 여과율

다음의 그래프는 Gates법과 Modified Gates법을 비교한 결과의 상관도를 보여주고 있다 (Fig. 8). 두 번의 내원 시 모두 MDRD법에 의한 사구체 여과율 값의 변화가 없는 환자 총 5명의 결과이다.

고 찰

사구체 여과율은 만성 신 질환 환자의 진단, 평가, 치료 및 추적 관찰에 매우 중요하기 때문에 정확한 사구체 여과율의 측정을 위한 수 많은 방법들이 개발되어 임상에서 사용되어 왔다. 각종 측정 방법에는 각자가 갖고 있는 장점과 단점들이 있다. 예로 이눌린을 이용하는 방법은 정확성에서는 매우 뛰어난 장점이 있으나, 그 절차가 복잡하여 환자의 번거로움과 검사 비용이 많이 들게 된다. 방사성동위원소를 추적자로

하는 경우에도 비용은 조금 더 낮아지기는 하나 환자의 번거로움과 그에 대한 검사의 정확성 또한 조금은 떨어지게 된다. 감마 카메라를 이용한 검사는 다른 검사에 비해 과대 평가되는 경향을 갖고 있지만 검사 자체의 재현성이 뛰어나고, 환자의 번거로움이 적은 장점이 있다. 이렇기에 감마 카메라를 이용한 검사 자체도 여러 가지로 발전 해왔으며, 서로 간의 장, 단점을 갖게 되었다.

본 연구에서는 감마 카메라에 의한 사구체 여과율로서 크게 자리잡고 있는 Gates법과 Modified Gates법의 경향을 분석 함으로 서로 간의 검사 결과에 도움을 주고자 한다. 각종 측정 방법의 정확성을 평가하기 위해서는 무엇보다도 그 기준이 되는 방법을 선정해야 하는데, 본 연구에서는 MDRD 법 공식을 이용하여 구한 사구체 여과율을 기준으로 하였다. MDRD법 공식은 1999년 Levey 등이 1,628명의 환자를 대상으로 *iothalamate clearance*를 이용하여 수립한 공식으로, 2005년에는 수정된 공식이 발표되었으며, 현재까지는 혈청 크레아티닌을 이용한 사구체 여과율 산출의 대표적인 공식으로 국내외에서 널리 사용되고 있다.^{8,9)} 본 연구는 이러한 MDRD법 공식을 기준으로 비교하였다. 기준인 MDRD법에 의한 사구체 여과율과 핵의학의 *in vitro* 분야에서 많이 사용되는 감마 카메라를 이용한 두 가지 검사 방법인 Gates법과 Modified Gates법에 의한 사구체 여과율을 비교 분석하였다. 서로 간의 비교는 서로 간의 장단점을 알 수 있는 계기가 될 뿐 만 아니라 어느 한 가지의 검사만을 진행 하였을 때를 대비하여 반드시 필요한 것이다. 우리가 진행 하고 있는 신기능 검사의 종류를 알고 다른 검사와 그에 대한 경향을 충분히 숙지한다면, 그 것만으로도 검사의 발전에 도움이 되는 것이다

결 론

본 연구에서 진행하였던 MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율과 Gates법에 의한 사구체여과율의 비교, MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율과 Modified Gates법에 의한 사구체 여과율의 비교, 마지막으로 Gates법과 Modified Gates법에 의한 사구체 여과율의 비교는 서로 간에 높은 상관 관계를 갖고 있는 것으로 나타났다. 하지만 Modified Gates법에 의한 사구체 여과율은 다른 두 가지 검사에 비하여 과대 평가 되는 경향을 확인하였다. 하지만 이런 결과는 Modified Gates법에 의한 사구체 여과율이 무조건 높게 나온다고 판단 하면 안된다. MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율이 만성 신 질환환자를 대상으로 하였기 때문에 과소 평가 되는 경향

을 갖고 있다는 문제도 제기된 적이 있는 만큼 우리는 서로의 경향과 장단점을 인지하고 검사를 하는 것이지 어느 한 가지만 가지고 판단해서는 안 될 것이다. 결론적으로 동적 신장 검사 시 사용되는 Gates법과 Modified Gates법의 상관 관계를 인지하며 다른 검사와의 차이점을 알고, 검사를 진행 한다면 진단 능을 향상시켜 정확한 신기능의 평가가 이루어 질 것으로 사료된다.

요 약

사구체 여과율은 신기능의 평가 및 신 질환의 조기 발견 및 만성 신 질환 환자의 경과 관찰에 중요한 지표가 된다. 본 연구에서는 동적 신장 신티그래피의 Gates법과 Modified Gates법을 채혈을 이용한 MDRD법 공식을 기준으로 그 차이를 비교, 분석하고자 한다. 2010년 11월부터 2011년 8월까지 본원에 내원하여 신장 신티그래피 검사를 시행한 45명의 환자를 대상으로 시행하였다. 이 중 20명의 환자는 AGUS (Philips Medical System, Cleveland, OH, USA) 장비의 Gates법과 MDRD법(Modification of Diet Renal Disease) 공식에 의한 사구체 여과율 값을 비교하였으며, 20명의 환자는 INFANIA (General Electric Healthcare, Wisconsin, MI, USA) 장비의 Modified Gates법과 MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율 값을 비교하였다. 마지막으로 경과 관찰 시 MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율 변화가 없는 환자 5명을 대상으로 Gates법과 Modified Gates법을 비교하였다. Gates법과 Modified Gates법 모두 MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율 값과 높은 상관 관계를 보였으며($p < 0.01$, $r = 0.903$, $r = 0.867$), Gates법의 대응 차 평균은 2.05 ± 2.54 mL/min/1.73 m²로 나타났고, Modified Gates법의 대응 차 평균은 25.2 ± 3.71 mL/min/1.73 m²로 나타났다. 마지막으로 5명의 환자에서 실시된 Gates법과 Modified Gates법의 비교는 높은 상관 관계를 보였으며($p < 0.05$, $r = 0.949$), 대응 차 평균은 20.4 ± 8.84 mL/min/1.73 m²로 나타났다. Gates법과 Modified Gates법 및 MDRD법 공식에 의한 사구체 여과율 값은 서로 높은 상관 관계를 보였다. 동적 신장 신티그래피 검사 시 사용되는 Gates법과 Modified Gates법의 상관 관계를 인지하고 검사를 진행 한다면, 진단능을 향상시켜 정확한 신기능의 평가가 이루어질 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. 고창순, 핵의학. 제 3판. 고려의학 2008;629-631.

2. Gates GF. Glomerular filtration rate: estimation from fractional renal accumulation of Tc-99m DTPA (stannous). *Am J Roentgenol* 1982;138:565-70.
3. Nimmo MJ, Merrick MV, Allan PL. Measurement of relative renal function. A comparison of methods and assessment of reproducibility. *Br J Radiol* 1987;60:861-4.
4. Tsukamoto E, Itoh K, Karoh C, Mochizuki T, Shiga T, Morita K, et al. Validity of 99mTc-DMSA renal uptake by planar posterior view method in children. *Annals of Nucl Med* 1999;13:383-7.
5. 정현석, 정용안, 김성훈, 김정호, 이성용, 손형선 외. 다양한 배후 방사능 설정에 따른 Gates법 사구체 여과율의 차이: I-125-Iothalamate 측정법과의 비교. *Kor J Nucl Med* 2004;38:306-10.
6. Russell CD, Bischoff PG, Kontzen FN, Rowell KL, Tester MV, Lloyd LK, et al. Measurement of glomerular filtration rate: single injection plasma clearance method without urine collection. *J Nucl Med* 1985;26:1243-7.
7. Jackson JH, Blue PW, Ghaed N: Glomerular filtration rate determined in conjunction with routine renal scanning. *Radiol* 1985;154:203-5.
8. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D: A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med* 1999;130:461-70.
9. Levey AS, Coresh J, Greene T, Marsh J, Steven LA, Kusek JW, et al.: Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration: Expressing the modification of diet in renal disease study equation for estimating glomerular filtration rate with standardized serum creatinine values. *Clin Chem* 2007;53:766-72.