

Original Article

신장과 체중의 변화가 사구체 여과율에 미치는 영향

서울아산병원 핵의학과

박아랑 · 최중숙 · 이영희 · 정우영

A Study on How Height and Weight Affects Glomerular Filtration Rate

A Rang Park, Jong Sook Choi, Young Hee Lee and Woo Young Jung

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose Glomerular filtration rate (GFR) is an important index for evaluation of renal function, renal disease diagnosis and progress monitoring. Therefore, accurate measurement of GFR is clinically important. Among the factors that affect the GFR result, there have been many discussions on the methods such as the correction of the kidney depth, net syringe count, and the method of setting the ROI. However there has been no consideration of counting in the most basic factors like height and weight measurement. In this study, we investigate how height and weight changes affects the result of GFR and review the importance of standardized body measurements.

Materials and Methods Fifty patients who underwent GFR test were randomly sampled and examined for changes in height and body weight within one month. From the normal patients without renal disease to the patients with severely decreased GFR, we applied the GFR formula of Gate with varying height and weight. **Results:** The result showed variation of the height at maximum three centimeters and six kilograms of weight. The first calculation of GFR was done with fixed height value and control variable as weight. Weight was incremented by one kilogram each time up to six kilograms. The GFR showed increased result with increasing weight. The result of GFR showed ten percent increase with six kilograms of weight increase. On the other hand, when height value was incremented by one centimeter up to three centimeters showed decreased GFR result with fixed weight value. Up to three centimeters of height increase showed two percent of decreased GFR with fixed weight.

Conclusion This study showed varying GFR result when height and weight changes. Therefore it is clinically crucial not only to maintain and manage body measuring instrument but also to have a standardized measurement methods to derive accurate measured values and to achieve reproducibility.

Key Words Glomerular filtration rate(GFR), Standardization, Body measurements

서 론

사구체 여과율(Glomerular Filtration Rate, GFR)은 신장에 서 단위 시간 당 여과되는 여과액으로 신장 기능의 평가, 의심 되는 신장 질환의 진단 및 만성적인 신질환에서의 질병의 경과관찰에 중요한 지표가 된다.¹⁾ 사구체여과율을 측정하는 방법은 다양하며 이 중 24시간 크레아티닌 제거율(24 hour

creatinine clearance)을 이용하는 방법이 가장 널리 사용되고 있다. 하지만 24시간 소변을 채취해야 하는 번거로움이 있고 신기능이 저하된 환자에서 사구체여과율이 과대 평가되는 것으로 알려져 있다.^{2,3)} 사구체여과율을 산출하는 가장 정확한 방법은 이눌린(Inulin) 또는 아이오탈라메이트(Iothalamate)를 이용하는 방법이나 시간이 많이 소요되며 반복적인 소변 채취가 필요하여 임상적으로 이용하기 어렵다.^{4,6)} 또한 ⁵¹Cr-EDTA로 사구체 여과율을 측정하는 방법이 있으나 영상을 획득하지 못하는 단점이 있어 감마 카메라로 신장 영상(Kidney scintigraphy)을 함께 획득할 수 있는 ^{99m}Tc-DTPA를 이용한 신장 섭취율을 측정하는 방법을 많이 이용하고 있다.⁷⁾ ^{99m}Tc-DTPA와 감마 카메라를 이용한 신장 스캔에서 측정

• Received: February 28, 2019 Accepted: March 2, 2019
• Corresponding author: A Rang Park
• Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea 88 Olympic-ro, 43 gil, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-4605, Fax: +82-2-3010-7940
E-mail: iamarang@gmail.com

하는 사구체 여과율은 순 주사기 계수(Pre syringe count), 신장 깊이(Kidney depth), 교정 신장계수(Corrected kidney count)에 따라 영향을 받는다.⁸⁾ 선행 연구에서 순 주사기 계수 측정 방법⁹⁾, 신장 깊이 보정 방법¹⁰⁻¹²⁾ 등은 논의가 있었으나 신장 깊이나 체표면적을 산출할 때 필요한 신장(Height)과 체중(Weight) 계측에 대한 논의가 없었다.

본 연구를 통해 신장(Height)과 체중(Weight) 변동에 따른 사구체 여과율의 변화 정도를 확인하고 표준화된 신체 계측의 중요성에 대해 제고하고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 대상

2018년 7월부터 2018년 9월까지 서울아산병원 핵의학과에 ^{99m}Tc-DTPA와 감마 카메라를 이용한 사구체 여과율 측정을 위해 내원한 환자 50명을 대상으로 하였다.

2. 실험 방법

영상의 획득 방법, ROI 설정은 동일한 방법으로 진행하였고 신장(Height)과 체중(Weight)을 변화시키면서 사구체 여과율의 영향을 분석하였다.

1) 신장(Height)과 체중(Weight)의 변화 범위 설정

분석 대상의 전자의무기록(EMR)에 한 달 이내에 신체 측정의 기록, 저장된 신장(Height)과 체중(Weight)이 얼마나 변화했는지 조사했다. 그 중 신장(Height)과 체중(Weight)의 변화 폭이 가장 큰 값을 기준으로 범위를 설정하였다.

2) 신장(Kidney) ROI 설정

^{99m}Tc-DTPA를 정맥주사하고 2~3분에 획득된 영상에서 Warm metal color를 이용하여 경계를 따라 그린 후 Invert-Gray color로 변경하여 신장(Kidney)이 ROI의 중앙에 위치하였는지 재확인하였다. 배후방사능(BKG) ROI는 신장(Kidney)의 중앙으로부터 외측 하방에 설정하며 신장(Kidney) 방사능의 산란을 피하기 위해 1~2 pixel 떨어진 곳에 설정하였다(Fig. 1).

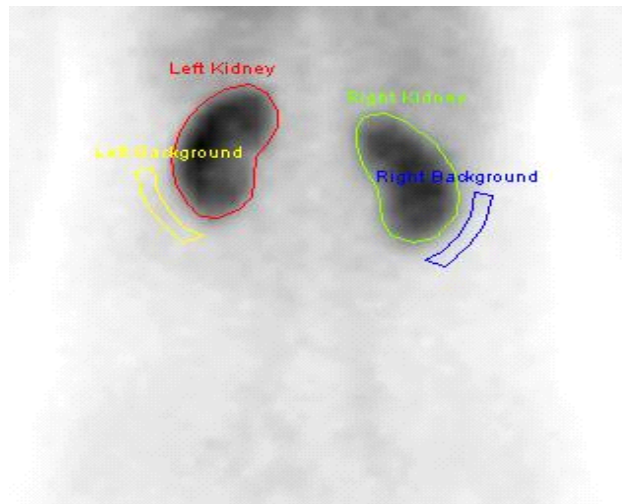


Fig. 1. Shows Kidney and BKG ROI.

3) ^{99m}Tc-DTPA GFR Analysis (Gates)

^{99m}Tc-DTPA GFR의 측정은 환자에게 주사하는 방사능의 양을 측정하기 위해 ^{99m}Tc-DTPA 185 MBq (5 mCi)가 들어있는 주사기를 저 에너지 평행형 조준기(LEAP)의 중심으로부터 30cm 전방에 놓고 1분간 방사능을 측정했다. 양외위로 환자를 눕히고 ^{99m}Tc-DTPA를 전주정맥에 순간 주사한 후 Symbia E(SIEMENS, Germany)로 연속적인 영상을 64 matrix, 15초 간격으로 80 frame, 총 20분간 영상을 획득하였다. 검사가 종료된 후 실제로 주사한 방사능의 양을 측정하기 위하여 주사기에 남아있는 방사능도 주사 전과 같은 방법으로 1분간 측정하였다(Fig. 2).

Table of Patient Parameters	
Parameters	Values
Renal Protocol	Gates GFR (DTPA)
Kidney Depth Method	Emory
Patient Name	
Patient ID	
Sex	Male
Age	54
Height	173.0 cm
Weight	76.0 kg
Body Surface Area	1.92 m ²
Reference BSA	1.73 m ²
Split Uptake Interval (min)	2.0 - 3.0
Radio pharmaceutical	5.0 mCi ^{99m} Technetium DTPA
Presyringe Counts (Kcpm)	1396
Postsyringe Counts (Kcpm)	150
Net Injected Counts (Kcpm)	1246
Method	Adult
Hematocrit	0.00

Fig. 2. Shows Table of Patient Parameters used for GFR test.

연속적인 신장의 영상에서 양측 신장의 관심 영역을 그리고 신장 주변의 배후영역을 묘사하여 배후 방사능 양을 뺀 시간 방사능 곡선에서 2~3분 사이의 방사능 양을 합산한 것을 총 신장 방사능 계수치로 하고 실제 투여된 계수치에 대한 총 신장 방사능 계수치의 백분율을 신장의 섭취율로 하였다.

여기에서는 ^{99m}Tc의 연부조직 감쇠 계수로 0.153이고는 피부로부터 신장의 중심부까지의 거리로 Taylor의 공식을 이용하여 cm 단위로 구하였다.¹³⁾

GFR은 Gates의 회귀 방정식으로 산출하였다.¹⁴⁾

4) 신장(Height) 및 체중(Weight)의 변화에 따른 GFR 변화율

실제 계측된 환자의 신장(Height)과 체중(Weight)으로 산출한 GFR을 기준으로 신장(Height)과 체중(Weight)의 값을 바꾸어 산출한 GFR을 비교하여 변화율을 분석하였다.

결 과

분석 대상인 환자 집단의 신체 계측의 변화 범위는 신장(Height)의 변동 폭은 최대 3cm, 체중(Weight)은 6kg까지 있었다(Fig. 3, 4). 이 값을 기준으로 신장(Height)은 1cm 단위로 3cm까지, 체중(Weight)은 1kg 단위로 6kg까지 증가시켜 GFR을 재산출하였다.

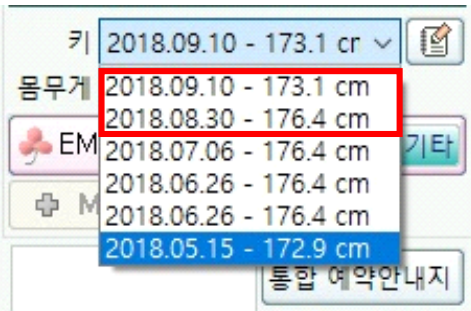


Fig. 3. Shows Maximum Height variance measured for a month.

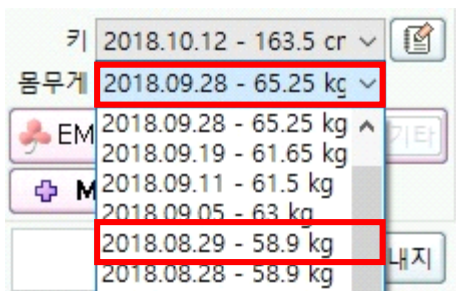


Fig. 4. Shows Maximum Weight variance measured for a month.

실제 측정된 신장(Height)과 체중(Weight)으로 산출한 GFR을 기준으로, 체중(Weight) 변화 없이 신장(Height)만 증가시켜 산출한 GFR과 체중(Weight)과 신장(Height)의 변화 없이 기준이 되는 GFR 사이의 차이를 나타낸 분포도이다(Fig. 5). 신장(Height)이 1cm 증가할 때마다 GFR은 평균 0.6%씩 감소하였다(Table 1).

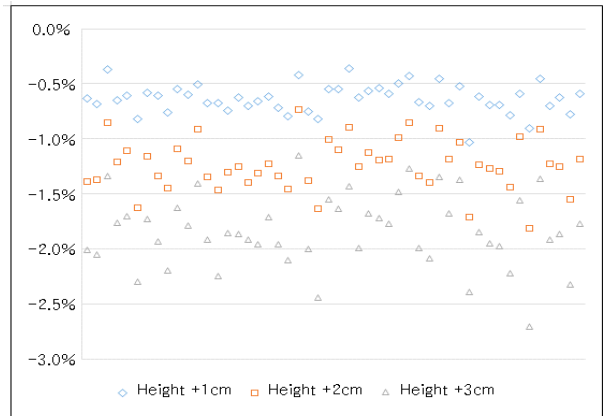


Fig. 5. Shows GFR Change with Height Variance

Table 1. Average GFR Change with Height Variance

Height	+1cm	+2cm	+3cm
Average	-0.6%	-1.2%	-1.8%

신장(Height)의 변화 없이 체중(Weight)만 1kg 단위로 6kg까지 증가시켜 산출한 GFR과 체중(Weight)과 신장(Height)의 변화 없이 기준이 되는 GFR 사이의 차이를 나타낸 분포도이다(Fig. 6). 체중(Weight)이 1kg 증가할 때마다 GFR은 평균 1.6%에서 1.7%씩 증가하였다(Table 2). 특히 체중(Weight)이 3kg 증가했을 때 기존의 GFR 값보다 평균 4.9%, 최대 5.6%까지 증가하였다.

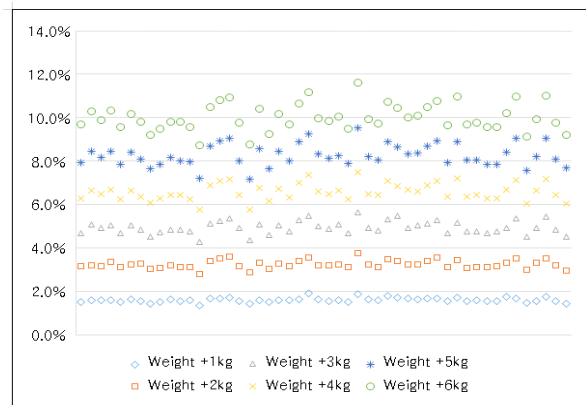


Fig. 6. Shows GFR Change with Weight Variance.

Table 2. Average GFR Change with Weight Variance

Weight	+1kg	+2kg	+3kg	+4kg	+5kg	+6kg
Average	1.6%	3.2%	4.9%	6.6%	8.3%	10.0%

고찰

신장(Height)과 체중(Weight)은 신장 깊이(kidney depth)를 보정하는 변수로 사구체 여과율에 영향을 준다. 체표면적(Body Surface Area, BSA)은 신장(Height)과 체중(Weight)에 영향을 받으며 []로 산출되며 Normalized GFR에 영향을 주고 있다. 서울아산병원에서는 Normalized GFR을 기준으로 신장 기능(Renal function)을 정상 범위와 비정상 범위로 나누고 있다. Normalized GFR은 []로 산출된다.

정확한 신체 계측을 통한 정량 분석이 정확성과 재현성을 높일 수 있다. 판독되는 신장(Height)과 체중(Weight)이 정확하게 입력되었다는 전제하에 판독하기 때문에 방사선사는 정확한 정보를 제공해야 할 의무가 있다. 신체 계측기의 주기적인 정도관리를 통해 신장(Height)과 체중(Weight)의 계측 오류를 최소화해야 할 것으로 사료된다.

본 연구를 시행한 서울아산병원 핵의학과에서는 기계적 오류와 인적 오류를 최소화하기 위해 신체 계측기 정도관리와 신체 계측의 표준화를 시행하고 있다. 기계적 오류의 통제로는 월 1회 1m 길이의 막대와 20kg의 분동(分銅)을 가지고 신체 계측기의 품질 검사를 시행하고 있으며, 길이와 무게의 측정 허용오차를 0.5% 이내로 하여 신체 계측기를 관리하고 있다 (Fig. 7). 인적 오류의 통제로는 사구체 여과율 검사 시행 30분 전 환자의 수분섭취량을 500mL로 안내하고 있으며, 검사 직전 배뇨 후 병원에서 제공하는 검사복으로 갈아입고 신체 계측을 시행한다(Fig. 8). 이 과정의 표준화를 통해 계측 값에 영향을 줄 수 있는 인적 오류의 변수를 통제하고 있다.

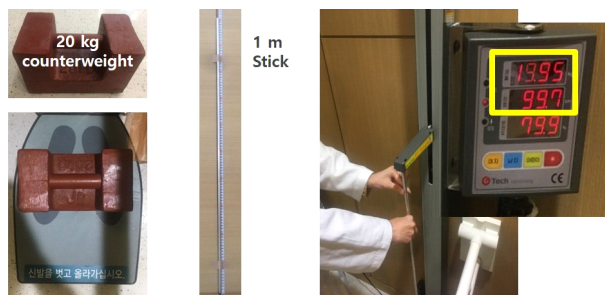


Fig. 7. Shows Quality Control of the body measuring instrument.

Standardization of body measurements process



Fig. 8. Shows Standardization of body measurements process

이와 같은 오류들을 최소화함으로써 신뢰 가능하며 재현성 있는 사구체 여과율의 정량값을 얻을 수 있을 것이다.

결론

서울아산병원 핵의학과에서 2018년도에 ^{99m}Tc-DTPA를 이용한 GFR 검사 건수는 대략 2,900건으로 점차 증가하는 추세이다. 최근 ⁵¹Cr-EDTA 검사 시약의 제조시설 폐쇄로 ^{99m}Tc-DTPA를 이용한 GFR 검사 건수는 더욱더 증가할 것으로 보인다. 정확한 GFR 값 산출을 위해서는 여러 가지 종류의 오류를 최소화하여야 한다. ^{99m}Tc-DTPA와 감마 카메라를 이용한 사구체 여과율 측정에 영향을 주는 여러 인자 중 순주사기 계수 측정 방법, 신장 깊이 보정 방법 등은 논의가 있었으나 신장 깊이나 체표면적을 산출할 때 필요한 신장(Height)과 체중(Weight) 계측에 대한 논의가 없었다. 본 연구를 통해 신장(Height)과 체중(Weight)의 변동에 따라 사구체 여과율의 변화가 있음을 확인하였다. 신장(Height)이 1cm 증가할 때마다 사구체 여과율은 평균 0.6%씩 감소하였고, 체중(Weight)이 1kg 증가할 때마다 사구체 여과율은 평균 1.6%씩 증가하였다. 특히 체중(Weight)이 3kg 증가했을 때 기존의 사구체 여과율보다 평균 4.9%, 최대 5.6%까지 증가하였다. 신장(Height)과 체중(Weight)의 오류로 인한 사구체 여과율의 오류를 줄이기 위해서는 신체 계측 방법에 대한 표준화가 필요하며 신체 계측에 영향을 줄 수 있는 변수에 대한 통제가 필요할 것으로 사료된다.

요약

목적: ^{99m}Tc-DTPA를 이용한 사구체 여과율 측정에서 신장(Height)과 체중(Weight)의 변동에 따른 사구체 여과율의 변화 정도를 확인하고 표준화된 신체 계측의 중요성에 대해 제고하고자 한다. **실험재료 및 방법:** 서울아산병원 핵의학과에 사구체 여과율 검사를 위해 내원한 50명을 대상으로 전자의무기록(EMR)에 기록된 한 달 이내의 신체 계측 값의 변화를 조

사하였고, 신장(Height)과 체중(Weight)의 변화 폭이 가장 컸던 값을 기준으로 신장(Height)과 체중(Weight)을 변화시키며 사구체 여과율을 재산출하여 그 변화를 분석하였다. 결과: 신장(Height)이 1cm 증가할 때마다 사구체 여과율은 평균 0.6%씩 감소하였고, 체중(Weight)이 1kg 증가할 때마다 사구체 여과율은 평균 1.6%씩 증가하였다. 결론: 신장(Height)과 체중(Weight)의 오류로 인한 사구체 여과율의 오류를 줄이기 위해서는 신체 계측 방법에 대한 표준화가 필요하며, 신체 계측에 영향을 줄 수 있는 변수에 대한 통제가 필요할 것으로 사료된다.

Reference

1. Bianchi C, Donadio C, Tramonti G. Noninvasive methods for the measurement of total renal function. *Nephron* 1981;28:53-57.
2. Jones J, Burnett PC. Creatinine metabolism in humans with decreased renal function: creatinine deficit. *Clin Chem* 1974;20: 1204-12.
3. Brochner-Mortensen J. Current status and measurement of glomerular filtration rate. *Clin Physiol* 1985;5:1-17.
4. Price M. Comparison of creatinine clearance to inulin clearance in the determination of glomerular filtration rate. *J Urol* 1972;107: 339-40.
5. Sigman EM, Elwood CM, Readan ME, Morris AM, Catanzaro A. The renal clearance of I-131 labelled sodium iothalamate in man. *Invest Urol* 1965;2:432-8.
6. Cohen ML, Smith FG, Mindell RS, Vernier RL. A simple reliable method of measuring glomerular filtration rate using single low dose sodium iothalamate ¹³¹I. *Pediatrics* 1969;43:407-15.
7. 고창순. 고창순 핵의학 제3판. *고려의학* 2008;638-42.
8. Awdeh M, Kouris K, Hassan IM, Abdel-Dayem HM. Factors affecting the Gates' measurement of glomerular filtration rate. *Am J of Physiol Imaging* 1990;5:36-41.
9. 연준호, 이혁, 지용기, 김수영, 이규복, 석재동. ^{99m}Tc-DTPA를 이용한 사구체 여과율 측정에서 주사 전 선량계 수치의 평가. *대한핵의학기술학회지* 2010;14-1:94-100.
10. 최재민, 이영희, 심동오. ^{99m}Tc-DTPA를 이용한 사구체 여과율 검사에서 이소성 신장과 소아 환자의 신장 길이 측정 방법의 적절성. *대한핵의학기술학회지* 2014;18-2:62-27
11. 황주원, 임영현, 윤종준, 이화진, 이무석, 정지욱 외. 동적 신장검사에서의 신장깊이에 따른 사구체여과율 비교. *대한핵의학기술학회지* 2014;18-2:73-77.
12. 유이령, 김성훈, 정용안, 정현석, 이해규, 박영하 외. 사구체 여과율 측정을 위한 한국인의 신장 깊이에 관한 방정식 도출과 이용. *대한핵의학학회지* 2000;34-5:418-425.
13. Taylor A, Lewis C, Giacometti A, Hall EC & Barefield KP, 1993. Improved formulas for the estimation of renal depth in adults. *Journal of Nuclear Medicine*, 34, 1766-9
14. Gates GF. Glomerular filtration rate: estimation from fractional renal accumulation of Tc-99m DTPA (stannous). *Am J Roentgenology* 1982;138:565-70.