

국민건강영양조사 자료를 이용한 노인인구에서의 당뇨병 유무에 따른 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도의 상관관계

김기용, 마상혁, 허을강*
아주대학교병원 재활의학과

Association between the Glomerular Filtration Rate and High-Sensitivity C-Reactive Protein Concentration According to Diabetes in the Elderly: Based on National Health and Nutrition Survey

Ki-Yong Kim, Sang Hyeok Ma, Yool-Gang Huh*
Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Ajou University Hospital

요약 본 연구는 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도 사이의 연관성을 알아보고자 시행되었다. 국민건강영양조사 제 7기(2016~2018년) 조사에 참여한 24,269명의 데이터가 분석되었으며, 최종적으로 4,018명을 본 연구의 대상으로 선정하였다. 대상자는 CKD-EPI(Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) 공식에 따라 사구체여과율(GFR: Glomerular Filtration Rate)이 산출되었다. 이후 대상자는 KDIGO(Kidney Disease: Improving Global Outcomes)에서 제시한 사구체여과율의 기준에 따라 3개의 군으로 분류되었다. Group1: $GFR(mL/min/1.73m^2) < 60$, Group2: $60 \leq GFR(mL/min/1.73m^2) < 90$, Group3: $90 \leq GFR(mL/min/1.73m^2)$. 각 군의 고감도 C-반응단백 농도에 대해 조사하였으며, 당뇨 유무에 따라 하위그룹을 나누어 분석을 진행하였다. 분석결과, 사구체여과율이 높아짐에 따라 고감도 C-반응단백의 농도는 작아지는 경향을 보였다. 당뇨병군의 경우 Group1과 Group2 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, Group1과 Group3 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 비당뇨군에서는 통계적으로 유의하게 사구체여과율과 고감도 C-반응단백농도 사이의 연관성을 보였다. 본 연구는 고감도 C-반응단백이 사구체여과율과 연관이 있음을 보였으며, 특히 비당뇨군에서 더 유의한 연관이 있음을 보였다. 고감도 C-반응단백은 사구체여과율을 평가하는 보조적인 지표로 활용될 수 있을 것이다. 추후 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도 사이의 인과관계를 보일 수 있는 전향적 연구가 필요할 것이다.

Abstract This study investigated the association between the glomerular filtration rate (GFR) and the concentration of serum high-sensitivity C-reactive protein (hsCRP). The data of 24,269 people from the 7th National Health and Nutrition Survey (2016-2018) were analyzed, and 4,018 people were selected as subjects. The GFR was calculated according to the Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) equation. The subjects were classified into three groups according to the GFR criteria suggested by Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), including Group 1: $GFR(mL/min/1.73m^2) < 60$, Group 2: $60 \leq GFR(mL/min/1.73m^2) < 90$, and Group 3: $90 \leq GFR(mL/min/1.73m^2)$. The hsCRP concentration in each group was investigated, and the same analysis was performed by dividing subgroups according to diabetes. As the GFR increased, the concentration of hsCRP showed a tendency to decrease. In the diabetic group, there was a statistically significant difference between Groups 1 and 2, but there was no statistical significance between Groups 1 and 3. In the non-diabetic group, there was a statistically significant association between the GFR and hsCRP concentration. This study shows that hsCRP is associated with GFR, especially in the non-diabetic group. The hsCRP can be used as an auxiliary index to evaluate the GFR. A prospective study about the causal relationship between GFR and hsCRP concentration is needed.

Keywords : Glomerular Filtration Rate (GFR), Biomarker, high-sensitivity C-Reactive Protein (hsCRP), Chronic Kidney Disease (CKD), Elderly

*Corresponding Author : Yool-Gang Huh(Ajou University Hospital)

email: hyk4616@naver.com

Received March 14, 2022

Accepted May 6, 2022

Revised April 7, 2022

Published May 31, 2022

1. 서론

만성콩팥병(chronic kidney disease, CKD)은 여러 원인으로 인해 점진적으로 신장의 구조와 기능에 손상이 발생하는 질환이다[1]. 전 세계적으로 성인 인구의 13%, 국내에서는 8.2%의 유병률을 보이며, 만성질환의 유병률이 증가함에 따라 의료부담을 가중하는 주된 원인 중 하나이다[2-5]. 따라서 적절한 시기에 만성콩팥병을 진단하고 이를 관리하는 것이 임상가들에게 요구된다.

만성콩팥병의 중증도는 사구체여과율(glomerular filtration rate, GFR)로 평가된다. 사구체여과율이란, 신장이 일정 시간 동안 특정 물질을 제거할 수 있는 혈장량으로 정의되며 콩팥기능이 손상될수록 감소하는 경향을 보인다. 실제 임상에서 사구체여과율은 체내 크레아티닌 농도를 구한 뒤 제안된 적정 공식에 대입하여 얻어진 추정 사구체여과율(eGFR: estimated GFR)이 주로 평가된다. 이러한 사구체여과율을 추정하기 위해 최근에는 정확도가 높다고 알려진 CKD-EPI 공식이 주로 사용된다[6,7]. 만성콩팥병으로 진단된 환자는 CKD-EPI 공식을 통해 얻어진 추정 사구체여과율의 값에 따라 그 중증도가 분류된다[8]. 한편, CKD-EPI 공식을 이용해 사구체여과율을 추정하는데 사용되는 혈중 크레아티닌 농도의 경우 인종, 환자의 근육량 및 공급되는 수액량에 의해 영향을 받는다는 한계가 있다[9]. 이러한 이유로, 사구체여과율을 평가하기 위한 다른 혈액검사지표가 제안되고 있다[10].

한편 고감도 C-반응단백(hsCRP) 검사는 표준 C-반응단백 검사보다 낮은 농도의 해당 단백질을 더 정확히 검출하는 검사이다. 일반적인 C-반응단백 검사의 경우 3~5 mg/L의 검출한계를 갖고 있는 반면, 고감도 C-반응단백 분석은 0.3 mg/L 이하의 C-반응단백의 농도를 검출한다[11,12]. 이전 몇몇 연구에서 콩팥기능과 고감도 C-반응단백 사이의 연관성이 보고되었으나, 그 결과는 연구마다 상이해 결과해석에 제한점이 있다는 한계가 있다[13-15]. 또한 전체 연령군을 대상으로 분석이 진행되었기에, 노인인구에서의 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도와의 연관성에 대한 정보가 부족하다는 한계가 있다. 한편, 이전 보고에 따르면, 고감도 C-반응단백 농도는 당뇨와 연관이 있음이 보고된 바 있다[16,17]. 고감도 C-반응단백 농도에 대한 당뇨의 영향을 보정하기 위해, 본 연구에서는 하위군을 나누어 당뇨 유무에 따른 하위그룹분석을 진행하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 지역사회 표본조사 데이터를 이

용해 노인인구에서의 당뇨 유무에 따른 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도와의 상관관계를 알아보고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구대상

본 연구는 국민건강영양조사 제 7기(2016~2018년) 원시자료 표본 24,269명의 데이터를 이용하여 분석하였다. 초기 대상자 중, 다음에 해당하는 경우는 연구에서 배제되었다. 국민건강영양조사 제 7기 자료 중 노인인구에서의 사구체여과율을 알아보고자 하였기에, 65세 미만인 경우는 배제되었다. 고감도 C-반응단백의 값이 5mg/L를 초과하는 경우는 급성 염증 및 감염을 시사하기 때문에 배제되었다. 이외에 CKD-EPI 공식에 포함되는 변수의 결측값으로 인해 사구체여과율을 계산할 수 없는 경우와 고감도 C-반응단백 검사결과가 없는 경우 및 주요 변수가 제시되어 있지 않은 경우가 배제되어, 최종적으로 4,018명을 본 연구의 대상으로 선정하였다. 본 연구는 아주대학교 생명윤리위원회(IRB: Institutional Review Board)의 심의 면제 승인을 획득하여 수행하였다(AJIRB-MED-EXP-22-029).

2.2 연구방법

대상자는 CKD-EPI 공식을 이용해 사구체여과율이 계산되었다. CKD-EPI 공식은 인종마다 다르며, 동양인에서의 CKD-EPI 공식은 아래와 같다[6,7].

$$\begin{aligned} & \text{In male,} \\ & \text{If } *Scr \leq 0.9, \\ & GFR = 141 \times (Scr/0.9)^{-0.411} \times (0.993)^{age} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{If } *Scr > 0.9, \\ & GFR = 141 \times (Scr/0.9)^{-1.209} \times (0.993)^{age} \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{In female,} \\ & \text{If } *Scr \leq 0.7, \\ & GFR = 144 \times (Scr/0.7)^{-0.329} \times (0.993)^{age} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{If } *Scr > 0.7, \\ & GFR = 144 \times (Scr/0.7)^{-1.209} \times (0.993)^{age} \quad (4) \end{aligned}$$

*Scr: serum creatinine

Eq. (1)~(4)에서 알 수 있듯이, 같은 인종에서 사구체 여과율은 혈중크레아티닌 농도, 성별 및 연령에 의해 영향을 받게 된다.

이후 본 연구의 대상자는 KDIGO에서 제시한 사구체 여과율의 기준에 따라 다음과 같이 3개의 군으로 분류되었다[8].

- 1군 : $GFR(mL/min/1.73m^2) < 60$
- 2군 : $60 \leq GFR(mL/min/1.73m^2) < 90$
- 3군 : $90 \leq GFR(mL/min/1.73m^2)$

대상자의 혈액검사 결과에서 고감도 C-반응단백 농도에 대한 결과를 수집해, 각 군별로 고감도 C-반응단백의 평균농도를 비교하고자 하였다. 또한 각 군에서 당뇨병 및 비당뇨군의 하위그룹을 설정해, 각 하위그룹에서의 사구체여과율과 고감도 C-반응단백의 연관성에 대해 알아보고자 하였다.

2.3 연구변수

고감도 C-반응단백은 혈액검사를 통해 얻어진 수치 (mg/L)를 그대로 활용하였다. 보정변수로는 연령, 성별, 체질량지수, 흡연, 음주, 고혈압, 이상지질혈증, 당노를 포함하였다. 당뇨병은 의사진단 여부를 바탕으로 '유', '무'로 분류하여 하위그룹분석을 진행하였다.

2.4 통계적 분석

국민건강영양조사는 단순표본추출이 아닌 층화집락표본추출을 통해 표본이 추출되었기 때문에, 자료분석 시 이러한 복합표본설계 내용을 반영하도록 권고하고 있다. 따라서 본 연구에서도 권고대로 복합표본 분석을 진행하였다.

연구대상의 사구체여과율에 따른 일반적 특성의 차이를 파악하기 위해, 카이제곱 검정과 분산분석을 실시하였다. 사구체여과율에 따라 고감도 C-반응단백의 값이 유의한 차이를 보이는지 검증하기 위해 분산분석을 실시하였고, 일반적 특성 변수를 보정한 후의 영향을 검증하기 위해 선형회귀분석을 실시하였다. 모든 데이터는 SPSS version 25.0 프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였으며, 모든 분석에서 $P < 0.05$ 를 유의성 판단의 기준으로 삼았다.

3. 결과

3.1 인구학적 특성

총 4,018명의 대상군은 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 각각 Group 1에 493명, Group 2에 2,698명, Group 3에 827명으로 분류되었다. 각 군에서의 인구학적 특성은 Table 1에 나타나 있다. 사구체여과율이 높을수록 연

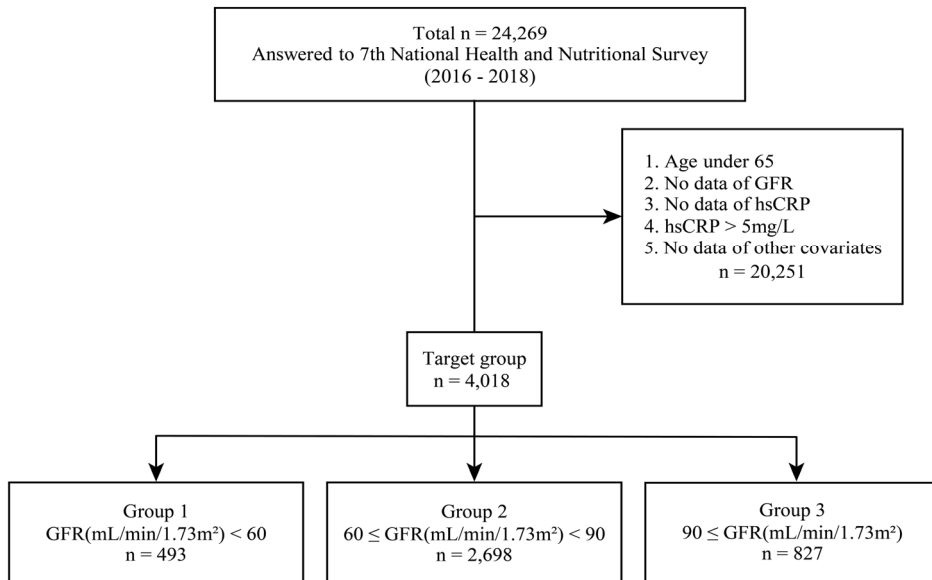


Fig. 1. Flow chart of the study

Table 1. Demographic characteristics of the participants

Variable	GFR (mL/min/1.73m ²)			p-value	
	Group1 (GFR<60) (n=493)	Group2 (60 ≤ GFR<90) (n=2,698)	Group3 (90 ≤ GFR)		
Age	75.60±0.27	73.25±0.12	68.75±0.15	<0.001	
Sex	Male	249 (48.3)	1,248 (45.3)	277 (35.5)	<0.001
	Female	244 (51.7)	1,450 (54.7)	550 (64.5)	
BMI	24.55 ^a ±0.17	24.21 ^{ab} ±0.06	24.02 ^b ±0.13	<0.001	
Smoking	Current smoker	49 (8.2)	254 (9.5)	76 (9.8)	0.006
	Past smoker	159 (31.2)	817 (29.2)	178 (22.0)	
	Non smoker	285 (60.6)	1,627 (61.3)	573 (68.1)	
Alcohol	Current drinker	139 (27.6)	980 (36.9)	311 (38.4)	0.001
	Non drinker	354 (72.4)	1,718 (63.1)	516 (61.6)	
HTN	Yes	374 (76.3)	1,518 (56.5)	362 (42.3)	<0.001
	No	119 (23.7)	1,180 (43.5)	465 (57.7)	
Dyslipidemia	Yes	175 (33.9)	917 (34.9)	278 (31.9)	0.348
	No	318 (66.1)	1,781 (65.1)	549 (68.1)	
DM	Yes	186 (36.2)	550 (20.7)	154 (18.1)	<0.001
	No	307 (63.8)	2,148 (79.3)	673 (81.9)	

Values are presented as number (weighted %) or mean±standard deviation; Different alphabets indicate significant differences
 GFR: Glomerular filtration rate, BMI: Body mass index, HTN: Hypertension, DM: Diabetes mellitus

령은 낮았고 남성의 비율이 낮았으며, 고혈압 및 당뇨의 유병률이 낮았다. 반면, 흡연을 및 음주율은 사구체여과율이 높을수록 높은 비율을 보였다. 체질량지수(BMI: Body Mass Index)의 경우 사구체여과율이 60mL/min/1.73m² 미만인 군에 비해 사구체여과율이 90mL/min/1.73m² 이상인 군에서 더 낮은 값을 보였으며, 이상지질혈증의 빈도는 각 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

3.2 사구체여과율에 따른 고감도 C-반응단백 농도

사구체여과율에 따른 고감도 C-반응단백의 농도 및 당뇨 유무에 따라 그 하위그룹을 분석한 결과는 Table 2에 나타나 있다. 전체 군을 대상으로 진행한 분석에서, 사구체여과율이 60mL/min/1.73m² 미만인 군에서 고감도 C-반응단백의 농도는 1.23±0.06 mg/L으로 측정되었으며, 이는 사구체여과율이 60mL/min/1.73m² 이상인 군에 비해 통계적으로 유의하게 높은 값을 보였다. 또한 하위그룹 분석의 결과에서는, 당뇨군의 경우 Group 1에서의 고감도 C-반응단백의 농도는 1.13±0.09 mg/L, 비당뇨군의 Group 1에서의 고감도 C-반응단백의 농도는 1.28±0.09 mg/L로 두 하위그룹 모두에서 사구체여과율이 60mL/min/1.73m² 이상인 군에 비해 통계적

로 유의하게 높은 값을 보였다.

Table 2. hsCRP according to GFR group

Subgroup	GFR (mL/min/1.73m ²)			p-value
	Group1 (GFR<60)	Group2 (60 ≤ GFR<90)	Group3 (90 ≤ GFR)	
Total	1.23 ^a ±0.06	0.94 ^b ±0.02	0.90 ^b ±0.03	<0.001
DM	1.13 ^a ±0.09	0.88 ^b ±0.04	0.96 ^{ab} ±0.07	0.040
Non-DM	1.28 ^a ±0.09	0.95 ^b ±0.02	0.88 ^b ±0.04	<0.001

Values are presented as mean±standard deviation; Different alphabets indicate significant differences
 GFR: Glomerular filtration rate, hsCRP: High-sensitivity C-reactive protein, DM: Diabetes mellitus

한편, 사구체여과율에 따른 고감도 C-반응단백의 농도에 대한 선형회귀분석의 결과가 Table 3에 나타나 있다. 전체 군을 대상으로 시행한 선형회귀분석의 경우, Group 1에 비해 Group 2(B=-0.258; P<0.001) 및 Group 3(B=-0.252; P=0.002)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 한편 하위그룹 분석의 결과에서는, 당뇨군의 경우 Group 1에 비해 Group 2(B=-0.236; P=0.019)는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, Group 3(B=-0.186; P=0.135)는 통계적으로 유의한 차

Table 3. Results of linear regression analysis on the relationship between hsCRP and GFR

Subgroup	GFR (mL/min/1.73m ²)	B	SE	95% CI		p-value
				Lower limit	Upper limit	
Total	Group1 (GFR<60)	(reference)				
	Group2 (60 ≤ GFR<90)	-0.258	0.066	-0.388	-0.128	<0.001
	Group3 (90 ≤ GFR)	-0.252	0.081	-0.411	-0.093	0.002
DM	Group1 (GFR<60)	(reference)				
	Group2 (60 ≤ GFR<90)	-0.236	0.100	-0.433	-0.039	0.019
	Group3 (90 ≤ GFR)	-0.186	0.125	-0.430	0.058	0.135
Non-DM	Group1 (GFR<60)	(reference)				
	Group2 (60 ≤ GFR<90)	-0.277	0.089	-0.450	-0.103	0.002
	Group3 (90 ≤ GFR)	-0.283	0.103	-0.485	-0.082	0.006

Adjusted for age, sex, BMI, smoking, alcohol, HTN, DM and Dyslipidemia

GFR: Glomerular filtration rate, hsCRP: High-sensitivity C-reactive protein, DM: Diabetes mellitus, B: Regression coefficient, SE: Standard error, CI: Confidence interval

이를 보이지 않았다. 반면, 비당뇨군을 대상으로 진행한 분석의 경우에는, Group 1에 비해 Group 2(B=-0.277; P=0.002)와 Group 3(B=-0.283; P=0.006)에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

4. 고찰

혈중 고감도 C-반응단백의 농도는 사구체여과율이 높아짐에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 다른 공변수를 보정한 선형회귀분석에서도 비슷한 경향을 보였다. 당뇨 유무에 따라 분석한 하위그룹 분석에서는, 당뇨군에 비해 비당뇨군에서 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 사이에 더 유의한 연관성을 보였다.

본 연구의 결과는 사구체여과율과 고감도 C-반응단백이 관련이 있다는 이전 연구들과 일치하는 결과를 보였다[14,15]. 그러나 이전 연구들은 혈중 고감도 C-반응단백을 연속된 변수로 분석한 것이 아닌, 특정 값을 기준으로 이산변수로 분석했다는 한계가 있다. 반면, 본 연구에서는 고감도 C-반응단백의 값을 연속된 변수로 분석하여 사구체여과율에 따라 고감도 C-반응단백의 농도의 차이를 보였다는 데 그 강점이 있다. 또한, 이전 연구들은 연령을 고려하지 않았기에, 노인인구에서의 정보가 부족하다는 한계가 있는 반면, 본 연구에서는 65세 이상의 노인인구에서 분석을 진행하였기에, 노인인구에서 사구체여과율에 대한 정보를 제공해 줄 수 있다는 데 그 강점이 있다. 한편, 본 연구에서 진행한 하위그룹 분석의 결과에

따르면, 당뇨군과 비당뇨군 모두에서 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 사이의 연관성을 보였으며, 특히 비당뇨군에서 더 유의한 통계적 연관성을 보였다. 이전 보고에서, 당뇨군에서 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 사이의 연관성이 보고된 바는 있지만, 비당뇨군에 대한 데이터는 부족한 상황이었다[15]. 이러한 상황에서, 비당뇨군에서도 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 사이의 유의한 연관성을 보였다는데 본 연구의 강점이 있다. 이전 몇몇 보고에 따르면, 고감도 C-반응단백이 당뇨와 연관되어 있음이 보고된 바 있다[16,17]. 따라서 사구체여과율과 고감도 C-반응단백의 연관성을 분석하는 과정에서 당뇨가 교란변수로 작용했음을 추론할 수 있다. 이 때문에 교란변수가 제거된 비당뇨군에 비해 당뇨군에서는 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 사이의 감소된 통계적 유의성을 보였다고 해석할 수 있다. 즉, 본 연구는 고감도 C-반응단백이 비당뇨군에서 더 유의하게 사구체여과율을 평가할 수 있는 지표임을 보였다는 데 그 강점이 있다.

이러한 강점에도 불구하고, 본 연구에는 몇몇 한계가 있다. 첫째, 본 연구는 후향적 단면연구이기에, 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도 사이의 인과관계를 보일 수 없다는 한계가 있다. 둘째, 본 연구는 지역사회 표본조사 데이터를 이용한 연구이기에, 사구체여과율이 30mL/min/1.73m² 이하로 감소한 중증군에 대한 정보가 부족하다는 한계가 있다. 실제 데이터 분석과정에서 사구체여과율의 값이 30mL/min/1.73m² 이하인 군은 57명으로 산출되어 그 대상군이 충분치 않아, 통계적 분석을 진행하지 못하였다. 셋째, 본 연구는 고감도 C-반

응단백이 사구체여과율과 연관되는 메커니즘을 설명하지 못한다는 한계가 있다. 추후, 중증군인 사구체여과율이 30mL/min/1.73m² 이하인 대상군도 충분히 포함하며, 사구체여과율과 고감도 C-반응단백 농도 사이의 인과관계를 보일 수 있는 전향적 연구가 필요할 것이다.

5. 결론

본 연구는 노인인구에서 고감도 C-반응단백이 사구체여과율과 연관이 있음을 보였으며, 특히 비당뇨군에서 더 유의한 연관이 있음을 보였다. 사구체여과율을 추정하는데 주로 사용되는 지표인 혈중크레아티닌 농도가 대상군의 근육량 등에 의해 영향을 받는다는 단점이 있기 때문에, 고감도 C-반응단백은 사구체여과율을 추정할 수 있는 보조적인 지표로서 활용될 수 있음을 보였다는데 본 연구의 의의가 있다.

References

- [1] A. S. Levey, L. A. Stevens, J. Coresh, "Conceptual model of CKD: applications and implications", *American Journal of Kidney Diseases*, Vol.53, No.3 Suppl 3, pp.S4-S16, Mar. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2008.07.048>
- [2] J. C. Lv, L. X. Zhang, "Prevalence and Disease Burden of Chronic Kidney Disease", *Advances in Experimental Medicine and Biology*, Vol.1165, pp.3-15. 2019.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8871-2_1
- [3] N. R. Hill, S. T. Fatoba, J. L. Oke, J. A. Hirst, C. A. O'Callaghan, et al., "Global Prevalence of Chronic Kidney Disease - A Systematic Review and Meta-Analysis", *PLoS One*, Vol.11, No.7, e0158765. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158765>
- [4] GBD Chronic Kidney Disease Collaboration, "Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017", *Lancet*, Vol.395, No.10225, pp.709-733, Feb. 2020.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30045-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30045-3)
- [5] J. I. Park, H. Baek, H. H. Jung, "Prevalence of Chronic Kidney Disease in Korea: the Korean National Health and Nutritional Examination Survey 2011-2013", *Journal of Korean Medical Science*, Vol.31, No.6, pp.915-923, Jun. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.6.915>
- [6] C. H. Lee, "Estimation of GFR", *Korean Journal of Medicine*, Vol.83, No.4, pp.455-457, Oct. 2012.
DOI: <https://doi.org/10.3904/kjm.2012.83.4.455>
- [7] A. S. Levey, L. A. Stevens, C. H. Schmid, Y. L. Zhang, A. F. Castro, 3rd, et al., "A new equation to estimate glomerular filtration rate", *Annals of Internal Medicine*, Vol.150, No.9, pp.604-612, May. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-150-9-200905050-00006>
- [8] A. S. Levey, P. E. de Jong, J. Coresh, M. El Nahas, B. C. Astor, et al., "The definition, classification, and prognosis of chronic kidney disease: a KDIGO Controversies Conference report", *Kidney International*, Vol.80, No.1, pp.17-28, Jul. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1038/ki.2010.483>
Erratum in: *Kidney International*, Vol.80 No.9 pp.1000, Nov. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1038/ki.2011.310>
- [9] M. E. Wasung, L. S. Chawla, M. Madero, "Biomarkers of renal function, which and when?", *Clinica Chimica Acta*, Vol.438, pp.350-357, Jan. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2014.08.039>
- [10] S. Lopez-Giacoman, M. Madero, "Biomarkers in chronic kidney disease, from kidney function to kidney damage", *World Journal of Nephrology*, Vol.4, No.1, pp.57-73, Feb. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5527/wjn.v4.i1.57>
- [11] P. M. Ridker, "Clinical application of C-reactive protein for cardiovascular disease detection and prevention", *Circulation*, Vol.107, No.3, pp.363-369, Jan. 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000053730.47739.3c>
- [12] W. L. Roberts, L. Moulton, T. C. Law, G. Farrow, M. Cooper-Anderson, et al., "Evaluation of nine automated high-sensitivity C-reactive protein methods: implications for clinical and epidemiological applications. Part 2", *Clinical Chemistry*, Vol.47, No.3, pp.418-425, Mar. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1093/clinchem/47.3.418>
- [13] C. Lee, K. H. Park, Y. S. Joo, K. H. Nam, T. I. Chang, et al., "Low High-Sensitivity C-Reactive Protein Level in Korean Patients With Chronic Kidney Disease and Its Predictive Significance for Cardiovascular Events, Mortality, and Adverse Kidney Outcomes: Results From KNOW-CKD", *Journal of the American Heart Association*, Vol.9, No.21, e017980, Nov. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1161/jaha.120.017980>
- [14] H. H. Chuang, R. H. Lin, W. C. Li, W. C. Yeh, Y. A. Lin, et al., "High-Sensitivity C-Reactive Protein Elevation Is Independently Associated with Subclinical Renal Impairment in the Middle-Aged and Elderly Population-A Community-Based Study in Northern Taiwan", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.17, No.16, 5878. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17165878>
- [15] L. Liu, B. Gao, J. Wang, C. Yang, S. Wu, et al.,

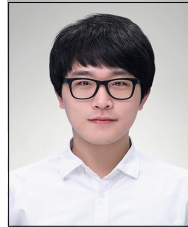
"Reduction in Serum High-Sensitivity C-Reactive Protein Favors Kidney Outcomes in Patients with Impaired Fasting Glucose or Diabetes", *Journal of Diabetes Research*, Vol.2020, Article ID 2720905. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/2720905>

[16] A. Mahajan, R. Tabassum, S. Chavali, O. P. Dwivedi, M. Bharadwaj, et al., "High-sensitivity C-reactive protein levels and type 2 diabetes in urban North Indians", *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Vol.94, No.6, pp.2123-2127, Jun. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2008-2754>

[17] Y. Yan, S. Li, Y. Liu, L. Bazzano, J. He, et al., "Temporal relationship between inflammation and insulin resistance and their joint effect on hyperglycemia: the Bogalusa Heart Study", *Cardiovascular Diabetology*, Vol.18, No.1, pp.109, Aug. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0913-2>

허 율 강(Yool-Gang Huh)

[정회원]



- 2018년 2월 : 아주대학교 의학부 (의학학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 병원 전공의

〈관심분야〉

임상의학

김 기 용(Ki-Yong Kim)

[정회원]



- 2019년 2월 : 아주대학교 의학부 (의학학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 병원 전공의

〈관심분야〉

임상의학

마 상 혁(Sang Hyeok Ma)

[정회원]



- 2020년 2월 : 아주대학교 의학부 (의학학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 병원 전공의

〈관심분야〉

임상의학