

심혈관-신장-대사증후군의 이해와 다학제적 접근의 필요성

고려대학교 안산병원 내분비내과

정인하

Understanding Cardiovascular-Kidney-Metabolic Syndrome and the Necessity of a Multidisciplinary Approach

Inha Jung

Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Internal Medicine, Korea University Ansan Hospital, Ansan, Korea

Cardiovascular-kidney-metabolic (CKM) syndrome is a progressive disorder resulting from the complex interaction between metabolic risk factors, chronic kidney disease, and cardiovascular disease (CVD), leading to multi-organ dysfunction. Given the increasing prevalence of metabolic syndrome, obesity, hypertension, dyslipidemia, and diabetes, a comprehensive approach to risk stratification and management is essential. The American Heart Association introduced the CKM staging system to classify disease progression and identify early intervention opportunities. Additionally, the predicting risk of cardiovascular disease EVENTS (PREVENT) equation was developed to enhance cardiovascular risk prediction by incorporating metabolic risk factors, estimated glomerular filtration rate, albuminuria, glycated hemoglobin (HbA1c), and social determinants of health. Unlike traditional risk models, PREVENT enables 10-year and 30-year risk prediction of both CVD and heart failure in individuals aged 30 to 79 years and integrates the social deprivation index for a more equitable and individualized risk assessment. However, as PREVENT is derived from United States population data, its applicability to Asian populations, including Koreans, remains uncertain. Developing a region-specific risk prediction model using local cohort data is crucial for optimizing CKM syndrome management. Furthermore, effective prevention and treatment require a multidisciplinary approach involving nephrologists, cardiologists, endocrinologists, dietitians, and social workers. Implementing CKM staging and PREVENT in clinical practice can facilitate early risk identification and personalized interventions, ultimately improving cardiovascular and renal health outcomes. (Korean J Med 2025;100:68-74)

Key Words: Cardiovascular diseases; Kidney diseases, chronic; Metabolic syndrome; Risk assessment

서론

비만, 당뇨병, 고혈압, 이상지질혈증과 같은 대사성 질환은 각각 단독으로도 심혈관질환(cardiovascular disease, CVD)과 만성 콩팥병(chronic kidney disease, CKD)의 주요 위험

요인이지만 동반 발생하는 경우가 많으며 서로 복합적으로 작용하여 CVD 및 신장질환의 발생과 진행을 가속화한다.

비만에서 동반된 과도한 내장지방 및 이소성 지방 축적은 인슐린 저항성, 만성적인 염증 반응, 지질 대사 이상 등을 초래하여 당뇨병, 고혈압, 이상지질혈증의 발생 위험을 증가시키고

Received: 2025. 2. 26 **Revised:** 2025. 3. 26 **Accepted:** 2025. 4. 2

Correspondence to:

Inha Jung, M.D., Ph.D.

Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Internal Medicine, Korea University Ansan Hospital, 123 Jeokgeum-ro, Danwon-gu, Ansan 15355, Korea
Tel: +82-31-412-4865, Fax: +82-31-412-5659, E-mail: inhajung@korea.ac.kr

Copyright©2025 The Korean Association of Internal Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

그 결과 혈관 내피 기능장애, 산화 스트레스, 미세혈관 손상을 유발하여 심장과 신장질환의 발생을 촉진한다. 이러한 만성 대사성 질환들의 복잡한 상호작용을 고려하여 세계보건기구(World Health Organization, WHO)와 미국 국립 콜레스테롤 교육 프로그램(National Cholesterol Education Program, NCEP)은 복부 비만, 고혈압, 이상지질혈증, 혈당장애를 포함하는 대사증후군(metabolic syndrome)의 임상적 진단 기준을 발표하며 대사증후군 개념을 확립하였다[1].

이후 다양한 연구들을 통해 심혈관 및 신장 건강 그리고 대사증후군 간의 밀접한 연관성이 밝혀졌으며 심장-신장증후군(cardiorenal syndrome) [2] 또는 심장-대사질환(cardiometabolic disease) [3]의 개념이 널리 알려졌으나 개별적인 접근을 통한 질환의 예방 및 관리만으로는 한계가 있다는 점이 인식되었다. 이에 따라 보다 포괄적인 접근이 필요하다는 요구가 증가하였고 미국심장협회(American Heart Association, AHA)는 심혈관-신장-대사(cardio-kidney-metabolic, CKM) 건강과 CKM증후군(CKM syndrome) 개념을 새롭게 제시하였다[4]. CKM증후군은 대사장애가 CVD 및 신장질환과 밀접하게 연결되어 있음을 강조하며 하나의 통합적인 질병 개념으로 접근할 필요성을 제기하였다.

본 원고에서는 CKM 건강과 CKM증후군의 정의와 특징을 정리하고 적절한 관리에 대하여 알아보하고자 한다. 또한 CKM 건강 개념을 활용하여 심혈관질환 및 심부전 발생 위험을 예측할 수 있는 predicting risk of cardiovascular disease EVENTS (PREVENT) 계산식[5]에 대하여 소개하고자 한다.

본 론

CKM증후군의 정의

CKM증후군은 심장병, 신장병, 당뇨병, 비만 등이 서로 연관되어 건강에 부정적인 영향을 미치는 상태를 의미한다. 이를 다음과 같이 정의할 수 있다[6].

CKM증후군은 대사 위험 요인, CKD, 심혈관계 간의 병태생리적 상호작용으로 발생하는 전신 질환(systemic disorder)으로 다양한 장기 및 조직의 기능장애와 높은 CVD 발생률과 관

련된다. CKM 증후군은 대사 위험 요인, CKD 또는 이 두 가지가 모두 존재하여 CVD 발생 위험이 높은 개인과 기존에 CVD를 가진 환자 중 대사 위험 요인이나 CKD로 인하여 질환이 악화될 가능성이 있는 환자를 포함한다.

CKM staging

AHA 권고문에서는 CKM증후군을 단계별로 분류하는 새로운 방식을 제안하였다[4]. 각 단계의 정의는 표 1과 같다.

CKM증후군 0단계는 CKM 위험 요인이 없는 건강한 상태, CKM증후군 1단계는 과도한 지방조직, 기능 이상성 지방조직 또는 둘 다 존재하는 상태로 체질량지수(body mass index, BMI)를 기준으로 과체중 또는 비만, 허리둘레 기준으로 복부 비만, 공복혈당장애 또는 내당능장애가 있는 경우 CKM증후군 1단계에 해당한다. CKM증후군 2단계는 대사 위험 요인(고중성지방혈증, 고혈압, 대사증후군, 2형 당뇨병)이 있거나 중등도에서 고위험군 CKD를 가진 개인을 포함한다. CKM증후군 3단계는 과도한 또는 기능 이상성 지방조직, 기타 대사 위험 요인 또는 CKD를 동반하면서 무증상 죽상경화성 심혈관질환(atherosclerotic cardiovascular disease, ASCVD) 또는 무증상 심부전(subclinical heart failure)이 있는 개인을 포함한다. 또한 Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) 위험도 heat map 기준에 따라 추정 사구체여과율(estimated glomerular filtration rate, eGFR)과 알부민뇨(albuminuria) 조합을 기준으로 CKD 고위험군이거나[7] PREVENT 계산식을 사용하였을 때 CVD 발생 위험이 높게 평가된 개인이 CKM증후군 3단계에 해당한다. CKM증후군 4단계는 임상적으로 진단된 CVD (관상동맥질환, 심부전, 뇌졸중, 말초동맥질환, 심방세동)가 CKM 위험 요인과 동반된 경우에 해당한다.

CKM증후군은 진행성 질환으로 1단계에서 과도한 지방조직 축적과 기능 이상은 인슐린 저항성, 만성 염증, 산화 스트레스를 초래하여 공복혈당장애 및 내당능장애로 이어지며[8] 이후 고혈압, 고중성지방혈증, 제2형 당뇨병, CKD 등 대사 위험 요인으로 발전하여 2단계로 진행할 가능성이 높다. 이러한 대사 위험 요인들이 상호 작용하여 3단계에서는 무증상 CVD에 해당하는 관상동맥 전산화단층촬영으로 확인되는 관상동맥 석

회화(coronary artery calcification)나 심초음파상 확인되는 심근 구조 및 기능의 이상으로 진행할 수 있다. 3단계에서 더욱 진행하면 4단계에 해당하는 임상적 CVD와 신부전으로 발전할 수 있으므로[9] CKM증후군의 초기 단계부터 예방과 중재 기회를 적극 포착하여 무증상 시기에도 대사 위험 요인을 적극적으로 관리하는 것이 중요하다.

CKM 증후군의 단계별 관리

CKM 1단계: 과도한 또는 기능 이상성 지방조직

2022년 AHA가 발표한 심혈관 건강을 위한 8대 심혈관 필

수 건강 지침(life's essential 8)을 기반으로 생활 습관을 개선한다[10]. 건강한 식습관을 유지하고 신체 활동을 늘리며 금연을 실천하고 질 좋은 수면을 확보하는 등 전반적인 생활 습관을 개선하여 체중 감량을 목표로 한다. 또한 체중 관리뿐만 아니라 콜레스테롤, 혈당, 혈압을 관리하여 심혈관 건강을 최적화하고 CVD 발생을 예방한다.

생활 습관 개선을 돕고 체중 감량을 효과적으로 유도하기 위하여 다학제적 접근을 활용할 수 있다. 비만에 대한 영양 상담, 약물 치료, 비만 대사 수술 등의 방법을 고려할 수 있다. 집중적인 생활 습관 개선에도 불구하고 내당능장애가 지속되거나 악화되는 경우 메트포르민(metformin) 사용을 고려할 수 있다.

Table 1. Definitions of CKM syndrome stages

Stage	Clinical stage	Definition	Criteria
0단계	CKM 위험 요인 없는 상태	BMI와 허리둘레가 정상 범위에 있고 정상 혈당(nomoglycemia), 정상 혈압(nomotension), 이상지질혈증이 없으며 CKD나 임상적 또는 무증상(subclinical) CVD의 증거가 없는 상태	
1단계	과도한 지방조직 또는 대사적으로 유해한 기능 이상성 지방조직	과체중/비만(overweight/obesity), 복부 비만(abdominal obesity) 또는 기능 이상성 지방조직을 가진 개인으로 다른 대사 위험 요인이나 CKD는 없는 상태	BMI ≥ 25 kg/m ² (Asian, ≥ 23 kg/m ²) 허리둘레 ≥ 88 cm (여성), 102 cm (남성) (Asian, ≥ 80 cm [여성], 90 cm [남성]) FBG ≥ 100 –124 mg/dL or HbA1c 5.7–6.4%
2단계	대사 위험 요인 또는 CKD 동반 상태	고중성지방혈증(triglycerides ≥ 135 mg/dL), 고혈압(hypertension), metabolic syndrome, diabetes 또는 CKD가 있는 경우	
3단계	무증상(subclinical) CVD	과도한/기능 이상성 지방조직, 기타 대사 위험 요인 또는 CKD를 동반하면서 ASCVD 또는 subclinical HF가 있는 경우	무증상 ASCVD는 주로 관상동맥 석회화(coronary artery calcification)로 진단하며 관상동맥 computed tomography angiography에서도 확인 가능 무증상 HF는 심장 바이오마커 상승 또는 심초음파 지표로 진단하는데 심장 바이오마커의 경우 NT-proBNP ≥ 125 pg/mL, hs-troponin T ≥ 14 ng/L (여성), ≥ 22 ng/L (남성), hs-troponin I ≥ 10 ng/L (여성), ≥ 12 ng/L (남성) CKD 고위험군은 CKD 4기 또는 5기(G4/G5 CKD) 또는 KDIGO 기준에서 매우 높은 위험군 10년 내 CVD 발생 위험이 높은 개인 ^a
4단계 ^b	임상적 CVD가 CKM 위험 요인과 중첩되는 상태	과도한 또는 기능 이상성 지방조직, CKM 위험 요인 또는 CKD를 동반한 상태에서 임상적 CVD가 존재하는 경우	CHD (HF, stroke, PAD) AF

CKM, cardiovascular-kidney-metabolic; BMI, body mass index; CKD, chronic kidney disease; CVD, cardiovascular disease; FBG, fasting blood glucose; HbA1c, hemoglobin A1c; ASCVD, atherosclerotic cardiovascular disease; HF, heart failure; NT-proBNP, N-terminal pro-B-type natriuretic peptide; KDIGO, Kidney Disease Improving Global Outcomes; CHD, coronary heart disease; PAD, peripheral artery disease; AF, atrial fibrillation.

^aHigh 10-year CVD risk estimated using the PREVENT equation.

^bStage 4a, no kidney failure. Stage 4b, kidney failure present.

CKM 2단계: 대사 위험 요인 또는 CKD 동반 상태

각 대사 위험 요인에 대한 집중적인 생활 습관 중재 및 약물 치료를 한다.

고중성지방혈증(hypertriglyceridemia)의 경우 관리를 위하여 생활 습관 개선을 우선적으로 시행하며 중등도 또는 고위험 ASCVD 환자에서는 스타틴 치료를 최대한 수행한다. 중성지방(triglyceride, TG) 수치가 500 mg/dL 이상인 경우 fibrate 사용을 고려한다. TG 수치가 135-499 mg/dL 범위이고 당뇨병 및 추가 위험 요인을 동반한 경우 에이코사펜타엔산(eicosapentaenoic acid) 치료를 고려한다.

고혈압의 경우 관리를 위하여 우선 생활 습관 개선을 시행하며 고혈압 진료지침에 따라 혈압 조절 목표는 130/80 mmHg 미만으로 관리한다[11]. 당뇨병과 알부민뇨가 동반된 환자의 경우 신장기능 보존 및 단백뇨 감소 효과를 고려하여 안지오텐신전환효소억제제(angiotensin-converting enzyme inhibitor, ACEi) 또는 안지오텐신II수용체차단제(angiotensin II receptor blocker, ARB)를 1차 치료제로 고려한다. CKD 환자에서도 ACEi, ARB를 우선적으로 고려한다.

중등도-고위험 CKD (moderate-to-high risk CKD)의 경우 관리를 위하여 알부민뇨(요알부민-크레아티닌 비율[urine albumin-to-creatinine ratio, UACR] > 30 mg/g)가 있는 경우 ACEi 또는 ARB를 우선적으로 사용한다. 당뇨병이 동반된 CKD 환자에서 알부민뇨가 지속되는 경우 sodium-glucose cotransporter-2 (SGLT2)억제제 사용을 고려한다. ACEi 또는 ARB를 사용 중이며 잔여 알부민뇨(UACR $\geq$ 30 mg/g)가 있는 경우 피네레논(finerenone)을 추가할 수 있으며 이는 SGLT2억제제와 병용 가능하다.

2형 당뇨병의 경우 관리를 위하여 생활 습관 개선을 우선 시행하며 중등도-고강도 스타틴 치료를 통해 CVD 위험을 줄인다. CVD 고위험군 환자에서는 에제티미브(ezetimibe) 추가를 고려할 수 있다. 동반 질환에 따라 당뇨병 약제 선택을 개별화할 수 있으며 BMI 35 kg/m² 이상인 경우 glucagon-like peptide-1 (GLP-1)수용체작용제를, 당화혈색소(HbA1c) 9% 이상 또는 인슐린 투여량이 많은 경우 GLP-1수용체작용제를, CKD가 동반된 경우 SGLT2억제제를 고려할 수 있다.

CKM 3단계: 무증상(subclinical) CVD

무증상 동맥경화증(subclinical atherosclerosis) 환자의 관리를 위해서는 관상동맥 석회화 점수(coronary artery calcium, CAC)를 이용하여 중등도 위험군(intermediate risk)에서는 스타틴 사용을 권장한다. CAC 100점을 초과하고 출혈 위험이 낮은 경우 아스피린(aspirin) 사용을 권장한다. CKM 프로파일을 고려하여 ASCVD 위험 감소를 위한 추가적인 치료제(proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 [PCSK9] inhibitor, GLP-1수용체작용제 등) 사용을 고려할 수 있다.

무증상 심부전(subclinical heart failure) 환자의 관리를 위해서는 심장초음파에서 좌심실 박출률(ejection fraction)이 40% 미만인 환자에서는 ACEi, ARB, 베타차단제(beta blocker) 사용을 권장하며 당뇨병이 동반된 환자의 경우 SGLT2억제제 사용을 권장한다.

CKM 4단계: CKM 증후군 환자에서 임상적 CVD가 존재하는 경우

CKM 프로파일을 기반으로 개별화된 CVD 치료 및 CKM 위험 요인에 대한 약물 치료를 시행하며 CKM 1-3단계 환자보다 더 적극적인 체중 감량을 위하여 다학제적 접근을 활용한다. 모든 환자에게 가이드라인 기반 약물 치료(guideline-directed medical therapy)를 시행하며 혈압, 혈당, 지질 수치, 신장 기능을 적절하게 관리한다. 당뇨병과 CVD가 동반된 다중 동반 질환 환자의 치료에서는 심혈관 및 신장 보호 효과가 입증된 약물인 SGLT2억제제와 GLP-1수용체작용제의 병용 치료를 고려한다. CKM 4단계에 해당하는 환자에서는 심혈관 및 신장 합병증의 진행을 억제하기 위하여 적극적인 치료 개입과 다학제적 치료 접근이 필요하다.

새로운 CVD 위험 예측 모형의 필요성

CVD 발생을 예측하기 위하여 여러 예측 모형들이 개발되었지만 PREVENT 계산식 이전에 개발된 예측 모형들은 다음과 같은 특징과 한계가 있다. 미국 Framingham heart study를 기반으로 개발된 Framingham risk score (FRS)는 가장 오래된 심뇌혈관질환 예측 모형으로 흡연, 고혈압, 총콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤, 당뇨병 여부, 연령에 따른 10년 이내 CVD

발생 위험도를 산출할 수 있다[12]. 그러나 FRS는 비히스패닉 백인으로 구성된 코호트를 기반으로 개발되었기 때문에 동양인에서는 CVD 발생 위험도를 과추정하는 경향이 있어[13] 한국인에게 적용하기에는 제한점이 있다.

2013년 미국심장학회와 AHA에서 CVD 발생 위험을 예측하기 위하여 4개의 대규모 코호트 자료를 기반으로 pooled cohort equations (PCE)를 개발하였다. PCE는 단순한 위험 예측 도구를 넘어 계산된 10년 ASCVD 위험도(%)에 따라 스타틴 치료의 시작 여부와 강도를 결정하는 기준으로 임상 진료 지침에 활용될 수 있다. 그러나 이 계산식은 40-75세 연령대에서만 적용 가능하며 10년 이내의 ASCVD 발생 위험만 예측할 수 있고 심부전 발생 위험은 예측하지 못하는 한계가 있다[14,15]. 또한 PCE는 FRS와 다르게 인종을 주요 변수에 포함하는 인종 특이적 모델로 백인과 아프리카계 미국인을 대상으로는 별도의 방정식을 제공하나 이외 인종에 대해서는 별도 모델이 개발되어 있지 않아 다른 인종에 적용하기에는 한계가 있다. 기존에 개발된 예측 모형들은 스타틴 복용 여부, 비만의 지표인 BMI, 당뇨병의 조절 상태를 나타내는 HbA1c, CKD 동반 여부 등의 변수를 포함하지 않아 CKM증후군의 개념을 충분히 반영하지 못한다. 이에 따라 AHA는 CKM 증후군을 가진 환자에서 CVD 위험을 보다 정밀하게 예측하기 위한 새로운 PREVENT 계산식을 개발하였다[5].

PREVENT 계산식

PREVENT 계산식은 성별, 연령, 총 콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤, 수축기 혈압, BMI, eGFR, 당뇨병 유무, 현재 흡연 여부, 고혈압 및 이상지질혈증 치료 약제 복용 여부 등의 CKM 위험 요인을 기본 변수로 포함하며 이를 바탕으로 10년 및 30년 이내의 CVD 및 심부전 발생 위험을 예측할 수 있도록 설계되었다. 기본 변수만으로도 위험도를 계산할 수 있지만 알부민뇨, HbA1c, 거주지 우편번호 등의 추가 정보를 입력하면 보다 정밀한 개인별 위험 예측이 가능한 것도 PREVENT 계산식의 특징이다. PREVENT 계산식은 구체적인 수식 및 변수의 가중치(coefficient)가 공개되지 않았으나 온라인 계산기를 통해 이용이 가능하다[16]. 새로운 예측 모형인 PREVENT 계산

식이 과거의 CVD 위험 예측 모형들과 차별화되는 점은 표 2와 같다.

먼저 적용 가능 연령 범위가 확대되었다. 기존 PCE가 40-79세 연령대에만 적용 가능한 반면 새로운 PREVENT 계산식은 30-79세까지 적용 가능하다. 그리고 예측 범위와 예측 대상 질환이 확장되었다. 기존 모델이 10년 이내 위험도를 예측 가능했던 것과 달리 PREVENT 계산식은 10년 및 30년 이내 위험도를 예측할 수 있다. 또한 FRS, PCE와 다르게 CVD, ASCVD, heart failure 발생 위험을 각각 구할 수 있다. 셋째, 사회적 결정 요인(social determinants of health, SDOH)을 반영하였다. PREVENT 계산식은 인종 변수 대신 거주지 우편번호를 기반으로 한 소득 수준 및 교육 수준 등의 평가 지표인 사회적 박탈 지수(social deprivation index, SDI)를 포함하였다. 이를 통해 사회경제적 요소를 고려한 보다 정확하고 개별화된 위험 평가가 가능하다. 마지막으로 PREVENT 계산식은 CKD 및 당뇨병을 반영하였다. 기본 예측 모델에 추가 변수로 UACR, HbA1c를 입력하여 예측의 정확도를 높일 수 있다.

CKM증후군과 PREVENT 계산식의 한국인 적용에 대한 고려 사항

CKM증후군은 CVD와 신장질환의 공통적인 대사 위험 요인들을 통합적으로 관리하는 데 유용한 개념이다. 그러나 현재까지 국내에서 CKM증후군에 대한 별도의 선별(screening)이나 관리 지침이 존재하지 않아 국내 임상 현실을 반영한 단계별 선별 및 관리 지침의 마련이 필요하다. 최근 국내 20-30대 젊은 성인에서 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증 및 비만의 유병률이 지속적으로 증가하는 점을 고려할 때 CKM증후군의 선별은 30세 이상 성인 또는 위험 인자를 가진 20세 이상 성인을 대상으로 하는 것이 적절할 수 있겠다. 그러나 이는 저자의 개인적인 견해로 국내 임상 환경에 최적화된 연령 기준 설정을 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

PREVENT 계산식은 미국의 대규모 코호트 자료를 기반으로 개발된 예측 모형으로서 임상적 유용성이 높지만 한국인을 포함한 아시아 인구에 적용 시에는 몇 가지 고려할 사항이 있다. 첫째, 한국인에 대한 외부 검증(external validation)

Table 2. Comparison of cardiovascular risk prediction models

예측 모형	사용 변수	예측 대상 질환	적용 연령	장점	단점
Framingham risk score (1998/2008) ^a	성별, 연령, 총 콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤, 수축기혈압, 고혈압 약제 복용 여부, 당뇨병 유무, 흡연 여부	10년 내 CHD 또는 전체 CVD 발생 위험	30-74	가장 오래된 모델 직관적, 계산 용이	백인 중심으로 아시아 인종에서 과추정 가능성 75세 이상에서 검증 부족
pooled cohort equations (2013)	성별, 연령, 인종, 총 콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤, 수축기혈압, 고혈압 약제 복용 여부, 당뇨병 유무, 흡연 여부	10년 내 ASCVD ^b 발생 위험	40-79	인종 반영 ACC/AHA 임상 진료지침에 포함되어 임상 환경에서 치료 결정에 직접 활용 가능	아시아인, 히스패닉 등 기타 인종에서 일반화에 주의 필요 HF 예측 불가
PREVENT equations (2023)	성별, 연령, 총 콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤, 수축기혈압, BMI, eGFR, 당뇨병 유무, 흡연 여부, 고혈압 약제 복용 여부, 이상지질혈증 약제 복용 여부, UACR, HbA1c, 우편번호	10년, 30년 내 CVD ^c , ASCVD, HF 발생 위험	30-79	CKM 위험 요인을 통합적으로 반영 사회적 결정 요인 반영 추가 변수(UACR, HbA1c, 거주지 우편번호)를 통해 정밀한 위험 예측 가능 30-59세 대상자에게는 10년 및 30년 위험 예측 가능 CVD, ASCVD, HF를 별도의 모델로 각각 구할 수 있음	정확한 수식, 회귀계수 비공개 타 국가, 타 인종에서 검증 부족

CHD, coronary heart disease; CVD, cardiovascular disease; ASCVD, atherosclerotic cardiovascular disease; ACC, American College of Cardiology; AHA, American Heart Association; HF, heart failure; PREVENT, predicting risk of cardiovascular disease EVENTS; BMI, body mass index; eGFR, estimated glomerular filtration rate; UACR, urine albumin-to-creatinine ratio; HbA1c, hemoglobin A1c; CKM, cardiovascular-kidney-metabolic.

^aThe Framingham risk score (1998) estimates the 10-year risk of CHD, including angina pectoris, myocardial infarction, and coronary heart disease death. The 2008 version expands this to 10-year risk of overall CVD, including CHD, stroke, peripheral arterial disease, and HF.

^bASCVD is defined as nonfatal myocardial infarction, coronary heart disease death, or fatal or nonfatal stroke.

^cCVD is defined as CHD, stroke, or HF.

이 이루어지지 않아 예측 정확도나 일반화 가능성에 대한 근거가 부족하다. 이는 FRS나 PCE 등 기존 미국 기반 예측 모형에서도 동일하게 지적된 사항이다. 둘째, PREVENT 계산식의 구체적인 수식과 회귀계수가 공개되지 않아 국내 인구 집단에 맞춘 보정이나 비교 분석이 어렵다. 셋째, SDOH의 지표로 활용된 SDI는 미국의 거주지 우편번호 자료를 기반으로 개발되어 국내의 사회경제적 환경을 정확히 반영하기 어렵다. 따라서 PREVENT 계산식을 한국인에게 적용할 때에는 이러한 제한점을 충분히 인지하여야 하며 향후 한국인을 대상으로 한 추가적인 검증 연구 및 맞춤형 보정 모델 개발이 요구된다.

결론

CKM증후군은 대사 위험 요인, CKD, CVD 간의 상호작용으

로 인하여 다기관 기능장애를 유발하는 진행성 질환으로 단계별 위험 평가와 맞춤형 치료 전략이 필수적이다. CKM staging 시스템은 질병 진행 단계를 명확히 정의하여 조기 개입의 기회를 제공하고 CKM증후군 악화를 예방하는 데 기여한다. AHA가 CKM 위험 요인들을 반영하여 개발한 PREVENT 계산식은 기존 예측 모형의 한계를 보완하여 30-79세 연령대에서 10년 및 30년 동안의 CVD 및 심부전 발생 위험을 예측할 수 있도록 설계되었다. 특히 SDOH, CKD 및 당뇨병 관련 지표를 추가 변수로 포함하여 보다 정밀하고 개별화된 위험 평가가 가능하다. 그러나 PREVENT 계산식은 국내 임상 환경에 직접 적용하기에는 정확도나 일반화 가능성 측면에서 제한점이 존재하여 신중한 접근이 필요하다. 따라서 국내 코호트 연구와 한국인 의료 데이터를 바탕으로 한국인 맞춤형 PREVENT 계산식을 개발하고 이를 실제 임상 환경에 적용하기 위한 노력이 요구된다.

또한 CKM증후군의 효과적인 예방과 관리를 위해서는 신장 내과, 심장내과, 내분비내과, 임상영양사, 사회복지사 등이 협력하는 다학제적 접근이 필수적이다. CKM증후군 환자들은 대사장애, 심혈관 및 신기능 저하뿐만 아니라 사회경제적 요인으로 인해 복합적인 건강 문제를 겪을 가능성이 높다. 이에 따라 의료진뿐만 아니라 영양 및 사회복지 전문가들이 함께 협력하여 환자의 개별적인 건강 상태와 사회적 환경을 고려한 통합적 치료 전략을 수립하는 것이 중요하다.

앞으로 CKM staging 및 PREVENT 계산식을 임상에 적극적으로 적용하고 다학제적 접근을 통해 CKM증후군 환자의 조기 선별 및 맞춤형 치료를 실현함으로써 심혈관 및 신장 건강을 향상시키고 CKM증후군의 장기적인 질병 부담을 줄이는데 기여할 것으로 기대된다.

중심 단어: 심혈관질환; 만성 콩팥병; 대사증후군; 위험도 평가

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

FUNDING

None.

AUTHORS CONTRIBUTIONS

IJ contributed to all aspects of the article.

ACKNOWLEDGEMENTS

None.

REFERENCES

1. Grundy SM, Brewer HB Jr, Cleeman JI, et al. Definition of metabolic syndrome: report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association Conference on scientific issues related to definition. *Circulation* 2004;109:433-438.
2. Ronco C, Haapio M, House AA, Anavekar N, Bellomo R. Cardiorenal syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1527-1539.
3. Castro JP, El-Atat FA, McFarlane SI, Aneja A, Sowers JR. Cardiometabolic syndrome: pathophysiology and treatment. *Curr Hypertens Rep* 2003;5:393-401.
4. Ndumele CE, Neeland JJ, Tuttle KR, et al. A synopsis of the evidence for the science and clinical management of cardiovascular-kidney-metabolic (CKM) syndrome: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2023;148:1636-1664.
5. Khan SS, Matsushita K, Sang Y, et al. Development and validation of the American Heart Association's PREVENT equations. *Circulation* 2024;149:430-449.
6. Ndumele CE, Rangaswami J, Chow SL, et al. Cardiovascular-kidney-metabolic health: a presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation* 2023;148:1606-1635.
7. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney Int Suppl* 2013;3:1-150.
8. Hotamisligil GS, Arner P, Caro JF, Atkinson RL, Spiegelman BM. Increased adipose tissue expression of tumor necrosis factor- α in human obesity and insulin resistance. *J Clin Invest* 1995;95:2409-2415.
9. Peiris AN, Sothmann MS, Hoffmann RG, et al. Adiposity, fat distribution, and cardiovascular risk. *Ann Intern Med* 1989;110:867-872.
10. Lloyd-Jones DM, Allen NB, Anderson CAM, et al. Life's essential 8: updating and enhancing the American Heart Association's construct of cardiovascular health: a presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation* 2022;146:e18-e43.
11. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APHA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on clinical practice guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2018;71:e127-e248.
12. Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB. Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation* 1998;97:1837-1847.
13. Jee SH, Jang Y, Oh DJ, et al. A coronary heart disease prediction model: the Korean Heart Study. *BMJ Open* 2014;4:e005025.
14. Goff DC Jr, Lloyd-Jones DM, Bennett G, et al. 2013 ACC/AHA guideline on the assessment of cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *Circulation* 2014;129 Suppl 2:S49-S73.
15. Muntner P, Colantonio LD, Cushman M, et al. Validation of the atherosclerotic cardiovascular disease pooled cohort risk equations. *JAMA* 2014;311:1406-1415.
16. American Heart Association. The American Heart Association PREVENTTM online calculator [Internet]. Dallas(US): American Heart Association, c2023 [cited 2025 Mar 24]. Available from: <https://professional.heart.org/en/guidelines-and-statements/prevent-calculator>.