

최근 10년간 한국인 대상 대사증후군 예측 모델에 대한 체계적 문헌고찰

Metabolic Syndrome Prediction Model for Koreans in Recent 20 Years: A Systematic review

성대경, 정경식, 이시우, 백영화
한국한의학연구원

Daikyung Seong(sodky1004@kiom.re.kr), Kyoungsik Jeong(jksik@kiom.re.kr)
Siwoo Lee(bfree@kiom.re.kr), Younghwa Baek(aori79@kiom.re.kr)

요약

대사증후군은 심혈관질환과 밀접한 연관성을 가지며, 최근 대사증후군의 예측을 통한 예방에 관심이 증가하고 있다. 본 연구의 목적은 최근 한국인을 대상으로 한 대사증후군의 발병을 예측하는 논문을 수집, 분석, 종합하여 체계적 문헌고찰을 위한 것이다. 체계적 문헌고찰을 위해 자료검색은 Pubmed, WOS의 해외DB와 DBPia, KISS의 국내DB에서 검색하였으며, 'Metabolic Syndrome', 'predict', 'Korea' 세개의 키워드를 AND 조건으로 2011~2020년에 게재된 논문을 대상으로 검색하였다. 총 560편의 논문이 검색되었고 자료선정기준에 따라 최종 22편의 논문이 선별되었다. 대사증후군 예측에 가장 활용도가 높은 변수는 WHtR(AUC=0.897)이고, 가장 많이 사용된 분석방법은 로지스틱 회귀분석(63.6%), 가장 높은 정확도를 보이는 분석방법은 XGBOOST(AUC=0.879)였다. 또한 한의학적 체질 분류를 적용하는 경우 예측 정확도가 약간 향상되었다. 본 연구 결과를 토대로 한국인의 최적의 대사증후군 예측과 관리를 위한 대규모의 지속적 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

■ 중심어 : | 대사증후군 | 예측 | 요인 | 한국인 |

Abstract

Metabolic syndrome is closely associated with cardiovascular disease, there is increasing attentions in prevention of metabolic syndrome through prediction. The aim of this study was to systematically review the literature by collecting, analyzing, and synthesizing articles of predicting metabolic syndrome in Koreans. For systemic review, data search was conducted on Global journals Pubmed, WoS and domestic journals DBPia, KISS published in 2011-2020 year. Three keyword 'Metabolic syndrome', 'predict', and 'korea' were used for searching under AND condition. Total 560 articles were searched and the final 22 articles were selected according to the data selection criteria. The most useful variable was WHtR(AUC=0.897), most frequently used analysis method was logistic regression(63.6%), and most accurate analysis method was XGBOOST(AUC=0.879) for predicting metabolic syndrome. Prediction accuracy was slightly improved when sasang constitution types was used. Based on the results of this study, it is believed that various large-scale longitudinal studies for the prediction and management of the Metabolic syndrome in Korean should be followed in the future.

■ keyword : | Metabolic Syndrome | Predict | Factor | Korean |

* 본 연구는 한국한의학연구원 '빅데이터 기반 한의 예방 치료 원천기술 개발(KSN2022120)'과제의 지원을 받아 수행되었음.

접수일자 : 2021년 04월 23일
수정일자 : 2021년 06월 30일

심사완료일 : 2021년 06월 30일
교신저자 : 백영화, e-mail : aori79@kiom.re.kr

I. 서론

1. 연구 필요성

대사증후군은 고혈압, 고혈당, 이상지질혈증, 비만이 군집으로 발생하는 일종의 질환군으로, National Cholesterol Education Program's Adult Treatment Panel III (NCEP ATP III)는 혈압, 공복혈당, 중성지방, 고밀도 지단백(high density lipoprotein, HDL) 콜레스테롤, 허리둘레 중 3개 이상에서 비정상 소견을 가지는 경우 대사증후군으로 정의한다[1]. 대사증후군은 전세계적으로 주요 공중보건 문제 중 하나로, 심혈관질환의 위험 인자로 밀접하게 관련되어 있다. NCEP ATP III의 대사증후군 진단 기준을 적용한 87건의 논문을 메타 분석한 결과, 대사증후군은 심혈관질환의 위험이 2배 증가되었고, 모든 원인의 사망률도 1.5배 증가되었다[2]. 국민건강영양조사 결과에 따르면, 우리나라 19세 이상 대사증후군 유병률은 2018년 22.9%로 과거 2007년의 21.6%에 비해 꾸준히 증가하였고, 같은 기간 동안 남성은 22.5%에서 27.9%로 증가한 반면, 여성은 20.8%에서 17.9%로 오히려 낮아져 성별에 따른 차이를 보였다[3]. 더욱이 대사증후군은 나이가 들어감에 따라 유병률이 증가하는데, 중년 남성과 60세 이상의 여성에서 각각 36%, 40%의 매우 높은 수치를 보였다[4]. 이러한 결과들은 대사증후군의 예방 및 관리의 중요함을 의미한다.

대사증후군의 조기 예측과 선형 지표를 밝히기 위한 많은 역학적 연구가 시도되었으며, 인종, 연령, 성별 등에 따라 다양하게 나타났다. 체질량지수, 허리둘레, 허리-엉덩이 비율(waist-to-hip ratio, WHR), 허리-신장 비율(waist-to-height ratio, WHtR) 등의 전통적인 체형 지표는 간단하고, 비침습적 방법으로 대사증후군 예측 지표로 많이 사용되고 있으며, 인종, 성별, 연령에 따라 대사증후군 판별력의 차이를 보였다[5]. 더욱이 전통적인 체형 지표를 활용하여 새롭게 계산된 body roundness index (BRI)는 높은 대사증후군 예측도를 보였으며, BRI의 대사증후군 예측 정확도는 중국인과 중국인이 아닌 대상으로 총화하여 살펴 본 결과에서 집단 간 차이를 보였다[6]. 청소년에서는 high-sensitivity C-reactive protein (CRP), uric acid, insulin이 대

사증후군 예측의 대리 지표로서 적절한 수준의 정확도를 보였으며, 이는 인종과 성별에 따라 지표들의 절단값과 민감도의 차이를 보였다[7]. 반면에 이탈리아의 65세 이상 노인 대상 연구에서는 CRP보다는 높은 interleukin-6(IL-6)가 대사증후군의 유용한 예측 지표로 제시되기도 하였다[8]. 최근에는 APOA의 유전적 마커[9]나 사상체질[10][11]과 같은 개체 고유의 특성이 대사증후군의 위험을 평가하는데 영향을 미쳤다. 이는 인종이나 여러 개체 특성을 고려한 대사증후군 예측의 필요성을 제시한다.

본 연구는 최근 10년 동안 한국인을 대상으로 대사증후군의 예측 및 진단 정확도와 관련된 연구를 체계적으로 검색 및 고찰하고, 대사증후군 예측에 사용된 핵심 변수와 분석 방법에 따른 정확도를 분류하여 제시하고자 한다. 이를 통해 향후 한국인의 대사증후군 예측 모델의 향상과 개체 특성을 고려한 연구 방향을 제안하는데 기여하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 2011년부터 2020년까지 Pubmed, Web of Science(WoS)의 국외 저널과 DBpia, Korean studies Information Service System(KISS)의 국내 저널 데이터베이스를 통해 검색 키워드로 “Metabolic syndrome(대사증후군)”, “predict(예측)”, “Korea(한국)” 세 개의 키워드를 ‘AND’ 조건으로 검색하였다. 본 연구는 Participants, Intervention, Comparison, Outcome(PICO) 형식에 따라 ‘한국인(Participants) 대사증후군의 예측과 진단(Intervention)에 사용된 변수와 분석 방법(Comparison)을 비교하고 이에 따른 정확도(Outcome)가 어느 정도인가’로 질문을 구성하였다.

2. 자료 검색 및 선택 과정

최종 연구 선정과정은 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis)[12]에 따라 선별하였다 [Fig. 1]. PubMed(335건), WoS(74건), KISS(110건), DBpia(41건)에서 총 560건의 논문

이 키워드로 검색되었으며, 중복 논문(151건), 대사증후군 예측과 관련되지 않은 논문(341건)을 제외하여 68건의 논문을 선별하였다.

논문 제외기준은 선별된 68건을 제목과 초록을 1차로 검토하였으며, 연구 내용을 판단하기 어려운 경우 전체 내용도 함께 살펴보았다. 대사증후군 예측의 정확도를 비교하기 위한 지표인 AUC(Area Under receiver operating Characteristic)를 포함한 논문만을 선정하기 위해 본문 내에서 'AUC', 'AUROC', 'area under the curve'로 각각 검색하여 결과가 없는 40건의 논문을 배제하였다. 포스터 발표, 학술발표논문집과 같은 전체 내용을 알 수 없는 연구 6건을 추가 배제하였다.

이러한 과정을 통해 최종적으로 22건의 논문[13-34]이 포함되었다. 논문 검색 및 논문 선정 과정은 3인의 연구자 논의를 통해 진행되었다.

3. 논문의 질 평가

최종 논문의 질 평가는 비무작위 연구에 사용하는 도구인 Risk of Bias Assessment tool for Non-randomized Studies (RoBANS)를 이용하였다[35][36]. RoBANS는 비무작위 및 환자-대조군 연구와 코호트, 전후연구 등에서 활용되는 도구로 대상자 선정, 교란변수, 노출(요인)측정, 평가자의 눈가림, 불완전한 결과자료, 선택적 결과 보고의 6가지 항목을 평가할 수 있도록 구성되어 있으며, 비뚤림 위험이 '낮음', '높음', '불확실'의 3단계로 평가할 수 있다. 본 연구에서의 비무작위 연구 질 평가 '낮음'의 판단근거는 대상자 모집 전략이 대상군 모

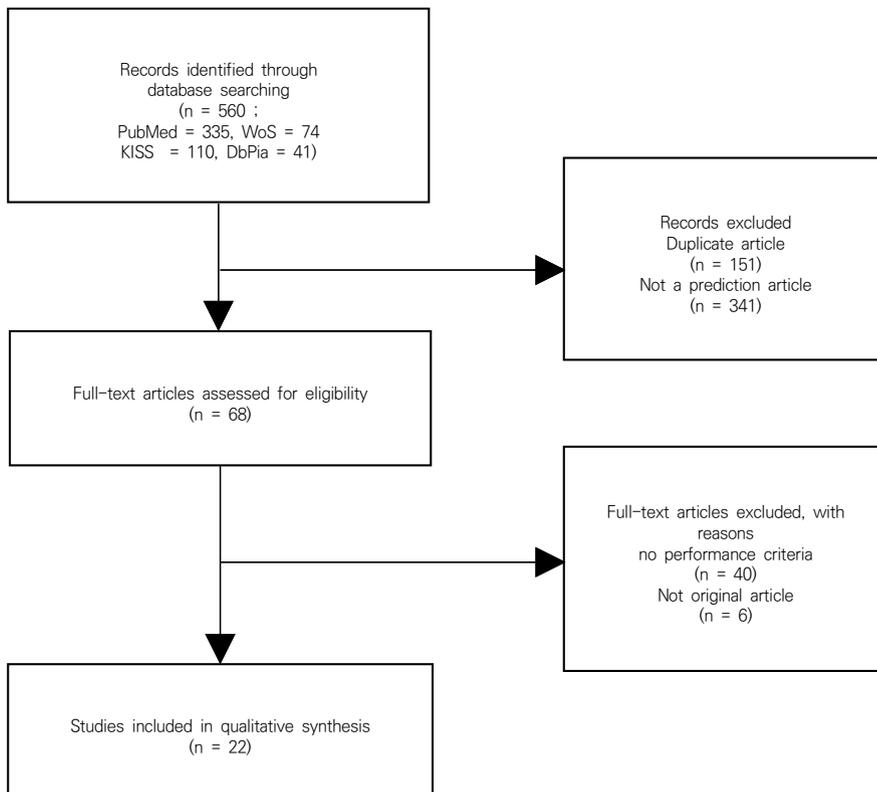


그림 1. 문헌 선별 과정

두에서 동일하며, 연구 참여 시점에 대사증후군 진단 결과가 없는 경우를 포함한 경우, 예상되는 교란변수를 보정한 경우, 요인 측정의 객관화나 표준화를 적절하게 사용한 경우이다. 평가자의 눈가림은 최종 선정된 모든 논문에 평가자의 눈가림에 대해 기재되어 있지는 않아, 검사 결과 기반 대사증후군 진단하여 객관적인 결과를 다루는 경우를 평가자의 눈가림 여부가 결과 측정에 미치지 않는 것으로 판단된 것으로 간주하여 낮은 비뚤림으로 평가하였다. 또한 결측 자료의 처리 방법 및 결측치가 결과에 주는 영향이 없을 것으로 판단되는 경우에 질평가 결과를 높음(비뚤림 낮음)으로 평가하였다. 각 문헌의 평가는 논문 선정과정과 동일하게 진행되었다.

4. 자료분석

논문들을 통해 수집된 자료는 대상자 수, 대사증후군 진단 기준, 대사증후군 유병률, 대사증후군 예측을 위한 분석 방법 및 모델에 사용된 변수, 그리고 예측 정확도 AUC 값이다. 분석대상 논문의 일반적 특성은 빈도와 백분율로 분석하였다. 대사증후군 예측에 사용된 변수는 비슷한 특성의 요인별로 분류하여 빈도와 백분율로 분석하였으며, 이 때 대사증후군의 진단에 사용되는 변수(공복혈당, 혈압, 중성지방, HDL 콜레스테롤, 허리둘레)는 제외하였다. 대사증후군 예측 모델의 정확도는 논문에서 제시한 가장 높은 AUC 값을 기준으로 주요 변수를 포함하여 기술하였다.

III. 연구결과

1. 분석 논문의 일반적 특성

전체 22편의 논문의 일반적 특성은 다음과 같다[표 1]. 연도별 논문 수는 19편(86.4%)의 논문이 2016년과 2020년 사이에 게재되어 대부분을 차지했다[그림 2]. 논문의 대상자 수는 221-178,683명 범위로 3000-10,000명 미만 8편으로 가장 많았고, 10,000명 이상도 5편이 있었다. 대상자의 연령은 8편의 논문에서 40대 이상을 대상으로 하였다. 대사증후군의 진단 기준 중 NCEP ATP III 12회로 가장 많았고, Harmonized definition[37] 4편, IDF와 AHA/NHBLI의 기준이 각

각 3편이 사용되었다. 대사증후군 유병률은 대상자의 성별, 연령과 진단 기준에 따라 상이 하였으며, 남자는 13.5-52.7%, 여자는 8.7-63.3% 전체적으로 9.7-37.1%였다.

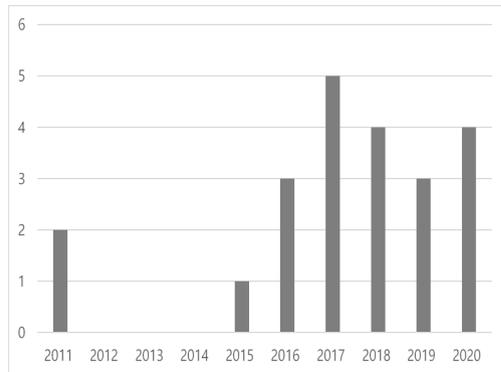


그림 2. 연간 대사증후군 예측 논문 수

2. 대사증후군 예측 모델 분석법

변수를 적용하여 대사증후군을 예측한 분석법은 Logistic regression(14편, 63.6%)이 가장 많았고, 이 중 1편의 논문에서 Gaussian Naïve Bayes, random forest, XGBoost, deep neural networks의 머신 러닝 분석을 동시에 실시하였다. 2편의 논문에서 비례위험 회귀모형(Cox model)을 실시하였고, 새로운 변수와 대사증후군의 관계를 빈도와 평균 비교(4편)로 보거나 성능 평가만 진행한 논문(2편)이 있었다. 모든 논문에서 분류 모델의 성능 평가는 Receiver Operating Characteristic (ROC) 분석으로 AUC 값을 확인하였다[표 1].

표 1. 대사증후군 예측 논문의 일반적 특성

First author (year)	Design	Size of population (age range)	Definition of MetS	Prevalence ratio of Mets	Analysis method	Used variables	AUC (Main variables)
Seo YG (2020)[13]	cross-sectional study	13,032 (≥ 19)	NCEP ATP III	M= 26.45% F= 21.49%	Logistic regression	age, FMR, WC, MetS status, HOMA-1R, BMI, obesity status, daily nutritional intake, smoking status, alcohol, education level, average monthly household income, co-morbidity, survey year	0.9357 (FMR, 1R)
Lee BJ (2020)[14]	cross-sectional study	12,025 (30-79)	NCEP ATP III	M= 22-29% F= 9-57%	Logistic regression	FPG, TG, anthropometric indices	0.897 (WtR, TG)
Shin KA (2018)[15]	cross-sectional study	4,395 (≥ 20)	AHA/NH LBI	M= 13.5% F= 8.7%	ANOVA	height, weight, BMI, WC, WHR, WHtR, ABSI, BP,	0.894 (Body Shape Index, WHtR)
Yu JS (2018)[16]	cross-sectional study	3,117 (20-90)	NCEP ATP III	M= 29.9-35.1% F= 14.8-47.7%	ANOVA	age, sex, weight, height, WC, blood pressure, blood chemicals	0.887 (SC types)
Lee SA (2020)[17]	Cohort study	3,874 (≥ 40)	NCEP ATP III	Total= 24.2%	Logistic regression, Gaussian Naïve Bayes, random forest, XGBoost, and deep neural networks	age, sex, BMI, alcohol, smoke, WC, TG, HDL, glucose, BP	0.879 (all)
Ye SA (2017)[18]	cross-sectional study	3,769 (7-90)	NCEP ATP III	M= 32.9% F= 26.9%	None	BMI, WC, WHR, WHtR, sex, height, weight, age, BP, glucose, HDL-C, TG	0.874 (WtR, BMI, WHR)
Namkung J (2019)[19]	Cohort study	221 (40-70)	Harmonized definition	Total= 37.1%	Logistic regression	TG, HDL-C, LDL-C, glucose, insulin, HbA1c, AST, ALT, GGT, CRP, ANGPTL6	0.865 (ANGPTL6)
Hong SB (2018)[20]	cross-sectional study	1,543 (≥ 65)	AHA/NH LBI	Total= 20.2%	Logistic regression	height, weight, BP, WC, TCHOL, TG, HDL-C, LDL-C, fasting glucose, uric acid, hs-CRP, HbA1c	0.847 (Non HDL cholesterol)
Yang HS (2020)[21]	cross-sectional study	300 (37-59)	NCEP ATP III	Total= 27.4%	ANOVA	weight, skeletal muscle mass, BMI, WC, WHR, body fat mass, body fat, VFA, TCHOL, LDL-C, HDL-C, TG, HDL3-C	0.84 (HDL subclasses)
Park KR (2016)[22]	cross-sectional study	1,051 (≥ 20)	NCEP ATP III	Total= 21.5% M= 23.9% F= 18.6%	Chi-square	sex, age, height, weight, BP, FG, TG, HDL-C	0.833 (WtR)
Lee SH (2017)[23]	Cohort study	3,529 (mean=51.43)	NCEP ATP III	Incident n/Total n = 1591/3529	Cox proportional hazard regression	BMI, BP, TG, HDL-C, fasting glucose, SC types	0.8173 (SC types)
Yoon JH (2011)[24]	cross-sectional study	3,388 (40-70)	IDF	M= 31.7% F= 36.1%	Logistic regression	WC, BP, smoke, alcohol, exercise, adiponectin, leptin, FBG, FBI, LDL-C, HDL-C, TG, hs-CRP, IR	0.802 (L/A ratio)
Oh YH (2017)[25]	cross-sectional study	535 (40-62)	NCEP ATP III	M= 13.8% F= 15.4%	Logistic regression	height, weight, WC, BMI, BP, VSR, VFA	0.798 (VSR)
Lee AR (2018)[26]	cross-sectional study	36,783 (19-79)	IDF	M= 39.7% F= 21.4%	None	height, weight, WC, BP, FPG, TCHOL, LDL-C, HDL-C, TG	0.7881 (VFA)
Yadav D (2015)[27]	Cohort study	1,590 (40-70)	Harmonized definition	M= 17.1% F= 15.9% (excluding Mets subjects in baseline)	Logistic regression	height, weight, BMI, WC, BP, smoke, alcohol, exercise, FBG, HDL-C, TG, LDL-C, serum uric acid	0.75 (SUA)

Yadav D (2016)[28]	Cohort study	2,276 (40-70)	Harmonized definition	M= 18.16% F= 16.82% (excluding Mets subjects in baseline)	Logistic regression	BMI, WC, BP, smoke, alcohol, glucose, serum HDL-C, TG, LDL-C, VLDL, AST, ALT, hs-CRP, HOMA-IR	0.732 (AST-to-ALT ratio)
Park JS (2016)[29]	cross-sectional study	6,256 (≥ 30)	NCEP ATP III	M= 31.9% F= 25.6%	Logistic regression	height, weight, BMI, WC, BP, fasting glucose, TG, HDL-C, LDL-C, muscle and fat mass	0.7 (MFR)
Shin KA (2017)[30]	cross-sectional study	22,302 (mean=45)	AHA/NHLBI	Total= 9.7%	Logistic regression	height, weight, WC, BP, HR, fasting glucose, TG, TCHOL, HDL-C, LDL-C, serum uric acid, hs-CRP, HbA1c, IR	0.676 (SUA, HR)
Kang DR (2017)[31]	Cohort study	1,017 (40-70)	Harmonized definition	M= 32.9% F= 33.4%	Logistic regression	WC, BP, smoke, adiponectin, LDL-C, HDL-C, TG, hs-CRP, IR	0.662 (L/A)
Lee MY (2019)[32]	cross-sectional study	178,683 (mean=53.86)	NCEP ATP III	M= 28.9% F= 22.0% (excluding Mets and alcohol consumption 40g/day in baseline)	Logistic regression	age, sex, height, weight, WC, biochemical characteristics, serum GGT	0.661 (GGT)
Lim S (2011)[33]	cross-sectional study	532 (≥ 65)	NCEP ATP III	M= 52.7% F= 63.3%	Logistic regression	height, weight, WC, BP, physical activity, VFA, IR, Tchol, TG, LDL-C, HDL-C, hs-CRP, RBP4, adiponectin	0.654 (VFA)
Park SK (2019)[34]	cross-sectional study	5,988 (40-69)	IDF	M= 24.9% F= 31.3%	Cox proportional hazard regression	alcohol, smoke, exercise, BP, BMI, WC, glucose, TCHOL, TG, HDL-C, PG, IR	0.576 (PG)

M : male, F : female, FMR : fat to muscle ratio, WC : waist circumference, MetS : metabolic syndrome, HOMA-IR : homeostatic model assessment of insulin resistance, BMI : body mass index, FPG : fasting plasma glucose, TG : triglyceride, WHR : waist-to-hip ratio, WHtR : waist-to-height ratio, ABSI : a body shape index, BP : blood pressure, HDL : high-density lipoproteins, HDL-C : high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C : low-density lipoprotein cholesterol, BP : blood pressure, HbA1c : hemoglobin A1c, AST : aspartate transaminase, ALT : alanine transaminase, GGT : gamma-glutamyl transferase, CRP : c-reactive protein, ANGPTL6 : angiopoietin like 6, TCHOL : total cholesterol, hs-CRP : high-sensitivity C-reactive protein, VFA : visceral fat area, SC types : sasang constitutional types, FBG : fasting blood glucose, FBI : fasting blood insulin, IR : insulin resistance, VSR : visceral-to-subcutaneous fat ratio, VLDL : very-low-density lipoprotein, HR : heart rate, RBP4 : retinol binding protein4

3. 대사증후군 예측 모델 분석법

[그림 3]은 대사증후군 예측 모델에 사용된 변수이다. 변수들은 특성에 따라 크게 5개로 그룹화되며 체형(WHtR), 체성분(Visceral fat, fat/muscle), 심혈관질환 관련 혈액지표(post glucose, uric acid, HDL-subclass, non-HDL, leptin/adiponectin, Insulin resistance), 간 효소 관련 혈액지표(AST/ALT, GGT) 및 기타 변수(유전자 ANGPTL6, 심박수, 사상체질)로 나누어진다. 대사증후군 예측의 다빈도로 사용된 변수 분류는 심혈관질환 관련 혈액지표(10편)이며, 개별 변수로는 WHtR(4편)이 가장 많이 사용되었다.

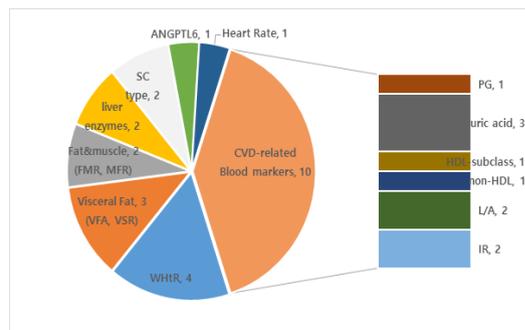


그림 3. 사용 변수로 분류한 논문 수

4. 대사증후군 예측 정확도 비교

대사증후군 예측 모델의 정확도는 AUC를 기준으로 FMR, IR 변수를 활용으로 가장 높은 정확도(AUC=0.9357)를 보였다[13]. 이어서 [14]논문이 TG, WHtR 변수를 활용한 모델(AUC=0.897)과 [15]논문의 body shape index, WHtR 변수를 활용한 모델(AUC=0.894)이 순차적으로 높은 정확도를 보였다. 특징적으로 [17]논문은 5개의 분석법으로 대사증후군 예측 모델의 성능을 비교하였고, 가장 성능이 좋은 모델

은 XGboost(ACU = 0.879) 이었다. 또한, 2편의 논문에서[16][23] 한의학의 고유한 개체 특성인 사상 체질을 적용하여 대사증후군 예측을 실시하였고 [16]논문은 체질별 허리둘레를 주요 변수로 진행하고, [23]논문은 사상체질을 예측 변수로 사용했을 때 사용하지 않은 경우와 비교하여 AUC값을 비교하였다.

5. 논문의 질 평가

6편의 코호트 연구와 16편의 단면연구 모두 노출요인, 평가자의 눈가림 항목은 비뚤림의 위험이 낮았으며, 교란변수는 21편의 논문에서 층화 또는 통계적 보정으로 낮은 비뚤림을 보였다. 대상자 선정은 5편에서만 낮은 비뚤림으로 평가되었고, 불완전한 결과자료의 사용 여부를 기재한 논문은 12편이었다. 선택적 결과 보고는 국민건강영양조사나 코호트 연구와 같이 연구 프로토콜이 공개된 자료를 활용한 논문 13편을 비뚤림이 낮은 것으로 평가하였다[표 2].

표 2. RoBANS를 이용한 논문의 질 평가

	A	B	C	D	E	F
Seo YG (2020)[13]	High	Low	Low	Low	Low	Low
Lee BJ (2020)[14]	High	Low	Low	Low	Low	Low
Shin KA (2018)[15]	High	Low	Low	Low	Low	UC
Yu JS (2018)[16]	High	Low	Low	Low	UC	UC
Lee SA (2020)[17]	High	Low	Low	Low	Low	Low
Ye SA (2017)[18]	High	Low	Low	Low	UC	UC
Namkung J (2019)[19]	Low	Low	Low	Low	UC	Low
Hong SB (2018)[20]	High	Low	Low	Low	Low	UC
Yang HS (2020)[21]	High	Low	Low	Low	UC	UC
Park KR (2016)[22]	High	Low	Low	Low	UC	UC
Lee SH (2017)[23]	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Yoon JH (2011)[24]	High	Low	Low	Low	UC	Low
Oh YH (2017)[25]	High	Low	Low	Low	UC	UC
Lee AR (2018)[26]	High	Low	Low	Low	Low	UC
Yadav D (2015)[27]	Low	Low	Low	Low	UC	Low
Yadav D (2016)[28]	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Park JS	High	Low	Low	Low	Low	Low

(2016)[29]						
Shin KA (2017)[30]	High	UC	Low	Low	Low	UC
Kang DR (2017)[31]	Low	Low	Low	Low	UC	Low
Lee MY (2019)[32]	High	Low	Low	Low	Low	Low
Lim S (2011)[33]	High	Low	Low	Low	UC	Low
Park SK (2019)[34]	High	Low	Low	Low	Low	Low

High : high risk of bias, Low : low risk of bias, UC : unclear risk of bias, A : selection of participants, B : confounder, C : exposure(factors) measurement, D : blinding of assessors, E : incomplete outcome data, F : selective outcome reporting.

IV. 고찰

대사증후군은 1988년 Reaven이 이상지질혈증, 고혈압, 고혈당 등 인슐린저항성질환의 군집 현상을 'Syndrome X'로 명명하였고[38], 1998년 World Health Organization (WHO)가 현재의 명칭인 '대사증후군 (Metabolic syndrome)' 으로 정의하고[39] 실제적인 진단 기준을 처음으로 제시 한 이후, 전 세계적으로 많은 연구들이 진행되었다. 본 연구는 최근 10년간 한국인의 대사증후군 예측과 진단 정확도에 대한 22편의 논문을 체계적으로 문헌고찰 하였으며, 이를 통해 향후 한국인 기반 대사증후군 예측 모델 개발 연구의 개선에 도움이 되고자 한다.

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 대사증후군 진단 기준은 NCEP ATP III가 가장 많았고, 둘째, 대사증후군 예측 모델 구현을 위한 분석 방법은 Logistic regression이 대부분이었으며, 모델의 성능 평가는 모두 ROC 분석을 실시하였다. 마지막으로, 대사증후군 예측에 사용된 변수는 심혈관질환의 위험인자와 연관된 혈액검사 변수와 체형 변수가 많이 사용되었고, 대사증후군 예측 모델의 정확도를 나타내는 AUC 값은 0.575 ~ 0.936으로 12편(54.5%)의 논문이 0.8 이상의 높은 정확도를 보였다.

본 연구에서 고찰한 22편의 논문 중 19편(86.4%)이 2016~2020년 사이에 게재된 논문으로 국내에서 2016년부터 대사증후군의 발병 예측에 대한 연구가 활발하게 이루어짐을 알 수 있다. 아시아-태평양 지역의 대사증후군 유병률과 경향을 고찰한 연구에서 대부분의 국가에서 성인 인구의 약 20% 이상이 대사증후군의

영향을 받고 있으며, 한국, 중국, 대만의 대사증후군 유병률은 과거 10~15년 동안 7~11% 수준으로 지속적으로 증가하는 경향을 발견하였고, 대사증후군과 관련된 이환율과 사망률을 줄이기 위한 예방적 전략의 필요성을 강조하였다[40]. 즉, 질병 유병률의 증가는 1차 예방을 목표로 선별 검사와 조기 예측이 중요한데, 이러한 점에서 대사증후군 예측을 위한 다양한 시도가 최근에 많이 진행되었을 것으로 생각된다.

대사증후군의 진단기준은 NCEP ATP III가 12회, harmonized definition이 4회, IDF 및 AHA/NHBLI 기준이 각 3회로 국내 대사증후군 진단은 NCEP ATP III의 기준이 가장 많이 사용되었다. 대사증후군 진단은 세계보건기구 (WHO, 1998년), 유럽인슐린저항성연구회 (European Group for the Study of Insulin Resistance, EGIR, 1999년), 미국국립콜레스테롤 교육프로그램 위원회 (NCEP ATP III, 2001), 세계 당뇨병연맹 (International Diabetes Federation, IDF, 2005년) 등에서 조금씩 다른 진단 기준을 제시하였다 [41]. NCEP ATP III 기준은 비교적 임상에서 쉽게 측정이 가능하고, 진단적 편이성과 적용 측면으로 가장 많이 인용되는 기준으로, 아시아-태평양 지역의 각 나라별 대사증후군 진단 기준은 18편 중 8편이 NCEP ATP III 연관 기준을 사용하였고, 4편의 연구에서 IDF 기준을 적용하였다[40]. IDF 기준은 허리둘레 기준에 대한 인종간 차이를 반영하였으나, 국내 대상자에서 대사증후군의 중요 요소인 인슐린 저항성을 잘 반영하지 못한다는 연구결과를 보였다[42]. Harmonized definition은 제시된 진단기준 중 가장 최신의 진단기준으로 AHA, IDF 두 기관의 회의 하에 합의된 진단기준으로 당뇨병학회 대사증후군 소연구회에서 권고한 바 있다[43].

대사증후군 예측에 사용된 분석방법으로는 로지스틱 회귀분석이 63.6%로 가장 많았고, 가장 최근에 발표된 논문에서 머신 러닝 기법이 적용되었다[17]. 대사증후군의 예측은 이진 분류에 속하기 때문에 이진 분류에 가장 널리 이용되는 분석 방법인 로지스틱 회귀분석이 대부분의 논문에서 이용되었다. 특히 [17]의 논문은 동일 데이터와 변수를 통해 로지스틱 회귀분석 등 5개의 분석법을 시행하여 대사증후군의 예측 모델의 정확도

를 비교하였는데, XGBOOST 분석이 가장 높은 AUC, 정확도 및 특이도를 보였고, Deep neural network 분석이 가장 높은 민감도를 나타냈다. 대사증후군 유병자를 대상으로 대사증후군 진단을 최우선 목표로 하는 경우 민감도가 높은 deep neural networks 모델을 사용하는 것이 적합하다. 그 외 모든 분석 성능 지표에 있어 logistic regression을 포함한 다른 모델보다 XGBOOST가 가장 높은 값을 보였다. 하지만 XGBOOST는 모델의 분석이 난해하고, 예측 소요 시간이 큰 단점이 있다[44]. 의사결정나무는 모델의 분석 과정이 나무 모형의 그래프로 시각화 되어 결과의 해석이 매우 편리한 특징을 가진 분석 방법으로 실험의 예비 분석과 분석 과정의 설명이 필요한 경우 유용하게 사용할 수 있다[45].

대사증후군 진단에 사용되는 변수인 공복혈당, 혈압, 중성지방, 고밀도지단백, 허리둘레를 제외하고, 대사증후군 예측에 사용된 변수들은 크게 체형(체중/신장 비율), 체성분(내장지방, 근육-지방), 혈액지표, 기타(유전체, 사상체질, 심박수)로 분류할 수 있으며, 실험관찰환 연관 혈액지표가 10회로 가장 많이 이용되었다. 심혈관 질환과 위험요소로 알려진 식후혈당(post glucose), 요산(uric acid), 고밀도혈당 기능(HDL-subclass, non-HDL), leptin/adiponectin, Insulin resistance가 포함되었다[46]. 또한, 비침습적인 방법으로 간단한 기기 측정으로 획득할 수 있는 지표로 대사증후군을 예측한 논문들이 다수 있었으며[1][3][4][7][11][19][20], 허리둘레-신장 비율(WHtR)이 4회로 가장 많이 사용되었다.

대사증후군 예측 정확도는 FMR, IR변수를 활용한 [13]의 논문이 가장 높은 AUC (0.9357)를 보였다. FMR은 근육량과 체지방량의 조합으로 한국인의 대사증후군을 예측하는 새로운 지표이며, 성별과 노화 과정에 따른 근손실을 함께 고려하여 대사증후군 예측에 최적화된 FMR 절단값의 차이가 있음을 밝혔다[13]. 컬럼비아의 청년(18.1~25.1세, 1,416명)을 대상으로 FMR을 이용해 대사증후군을 예측한 연구에서도[47] 0.88의 높은 AUC값(남성: 0.83, 여성: 0.88)을 보인 바 있다. WHtR은 본 연구 결과에서 가장 다빈도로 활용된 체형 변수이며, 3편의 논문에서[14][15][18] AUC 값이

각 0.897, 0.894, 0.874으로 높은 대사증후군 예측 능력을 보인다. WHtR은 임상에서 가장 편하게 측정할 수 있는 지표이며, 폴란드 인구(37-66세, 13,172명)를 대상으로 대사증후군을 식별하는데 가장 뛰어난 지표로 보고되었고(AUC=남성 : 0.764, 여성 : 0.758), 심혈관질환 진단 능력이 WC, BMI보다 월등히 높은 정확도를 보였다[48]. WHtR은 대사량 변화를 겪기 시작하는 40대 여성에서 최적의 지표이며, 체형 단독지표보다는 혈액지표인 중상지방(TG)과 동시에 고려하면 예측력이 증가하여, 간단하고 저렴한 비용으로 초기 건강검진에서 유용한 지표로 활용될 수 있다[14]. 사상체질 또한 대사증후군 예측 변수로 사용되었다. 사상체질은 개인의 신체적, 심리적, 생리적 특성의 차이를 고려하여 사람을 태음인, 소음인, 소양인, 태양인의 네 가지 체질로 진단하는 한국 고유의 맞춤형의학이다[49]. 특히 태음인 체질은 대사증후군의 독립적인 위험요소로 밝혀진 바 있다[50][51]. 사상 체질을 포함했을 때 포함하지 않은 것에 비해 AUC와 민감도가 증가되어, 대사증후군의 예측에 개체 특성을 고려할 필요를 제안하였다.

본 연구에서 고찰한 22편의 논문은 단면연구가 73%로 대다수를 차지하였고, 나머지는 코호트연구였고, 이중 대상자 선정에서 기 대사증후군을 제외하고 분석한 연구는 5편만 해당되었다[19][23][27][28][31]. 질병 예측에 변수의 기여도는 새로 발생한 질병으로 인과성을 살펴보았다는 점에서 낮은 수준의 비뚤림으로 평가하였다. 또한, 건강검진이나 의무기록 등을 활용한 9편의 논문[15][16][18][20-22][25][26][30]을 제외하고 잘 정립된 연구프로토콜에 따라 수집된 자료로 분석되었는데, 이는 선택적 결과보고에서 높은 질적 수준을 확보했다고 판단하였으며, 연구 결과의 일정 수준 이상의 대표성을 가졌다고 볼 수 있다.

본 연구의 제한점으로 변수의 사용이 각 연구마다 다양하여 통계적으로 분석하기 어려운 측면이 있었고, 각 연구들의 대사증후군의 진단 기준이 통일되어 있지 않고 표본데이터의 분류 방식도 차이가 있어 특정 요소에 대한 비교분석이 곤란한 한계점이 있었다. 그러므로 추후 변수를 통제한 다양한 대규모의 지속적 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 한국인 대상의 대사증후군 예측 연구 동향을 분석하고 주요 변수와 예측 모델의 성능을 살펴보았다. 총 22편의 논문을 체계적 문헌 고찰을 통하여 분석한 결과, 대사증후군 진단에 사용된 기준은 NCEP ATP III가 가장 많았다. 예측 모델 구현을 위한 분석 방법은 로지스틱 회귀분석이 14편(63.6%)으로 가장 많은 빈도로 사용되었으며, 진단 정확도와 민감도를 높이기 위한 방법으로 XGBoost, Deep neural Network 분석 방법을 사용한 예측 모델을 사용할 수 있다. 각 논문의 대사증후군 예측에 사용된 변수 중 WHtR은 가장 높은 빈도로 활용되었는데, 변수 측정의 용이성과 더불어 높은 성능을 보였다. 본 연구결과를 토대로 대사증후군의 예측 정확성을 개선하기 위해 최신의 머신러닝 기법을 도입해 보는 것을 제안하며, 기존의 전통적인 변수 외에도 개체특성을 고려한 연구가 시도될 필요가 있다. 본 연구의 결과를 기초로 향후 한국인 대상 정밀 의료 구현을 위한 대사증후군 예측 모델이 개발되기를 기대하며, 대규모의 지속적 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, "EVALUATION, AND TREATMENT OF HIGH BLOOD CHOLESTEROL IN ADULTS. Executive summary of the third report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III)," JAMA, Vol.285, No.19, pp.2486-2497, 2001.
- [2] S. K. Mottillo, B. Filion, J. Genest, L. Joseph, L. Pilote, P. Poirier, S. Rinfret, E. L. Schiffrin, and M. J. Eisenberg, "The metabolic syndrome and cardiovascular risk: a systematic review and meta-analysis," Journal of the American College of Cardiology, Vol.56, No.14, pp.1113-1132, 2010.

- [3] *심장대사증후군*, 5th Asia-Pacific CardioMetabolic Syndrome, 2021, <http://www.kscms.org>.
- [4] J. H. Huh, D. R. Kang, J. Y. Jang, J. H. Shin, J. Y. Kim, S. Choi, E. J. Cho, J.S. Park, I. S. Sohn, and S. H. Jo, "Metabolic syndrome epidemic among Korean adults: Korean survey of Cardiometabolic Syndrome (2018)," *Atherosclerosis*, Vol.277, pp.47-52, 2018.
- [5] K. C. Cheong, S. M. Ghazali, L. K. Hock, S. Subenthiran, T. C. Huey, L. K. Kuay, F. I. Mustapha, A. F. Yusoff, and A. N. Mustafa, "The discriminative ability of waist circumference, body mass index and waist-to-hip ratio in identifying metabolic syndrome: Variations by age, sex and race," *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, Vol.9, No.2, pp.74-78, 2015.
- [6] S. Rico-Martín, J. F. Calderón-García, P. Sánchez-Rey, C. Franco-Antonio, M. Martínez Alvarez, and J. F. Sánchez Muñoz-Torrero "Effectiveness of body roundness index in predicting metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis," *Obesity Reviews*, Vol.21, No.7, p.e13023, 2020.
- [7] M. J. Gurka, C. L. Ice, S. S. Sun, and M. D. DeBoer, "A confirmatory factor analysis of the metabolic syndrome in adolescents: an examination of sex and racial/ethnic differences," *Cardiovascular Diabetology*, Vol.11, No.1, pp.1-10, 2012.
- [8] G. Ravaglia, P. Forti, F. Maioli, L. Bastagli, M. Chiappelli, F. Montesi, L. Bolondi, and C. Patterson, "Metabolic syndrome: prevalence and prediction of mortality in elderly individuals," *Diabetes care*, Vol.29, No.11, pp.2471-2476, 2006.
- [9] Y. Yamada, K. Kato, T. Hibino, K. Yokoi, H. Matsuo, T. Segawa, S. Watanabe, S. Ichihara, H. Yoshida, and K. Satoh, "Prediction of genetic risk for metabolic syndrome," *Atherosclerosis*, Vol.191, No.2, pp.298-304, 2007.
- [10] J. E. Park, S. Mun, and S. Lee, "Metabolic Syndrome Prediction Models Using Machine Learning and Sasang Constitution Type," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Vol.2021, 2021.
- [11] J. S. Yu, Y. Baek, D. Hyun, and S. J. Chang "Customized BMI and waist circumference cut-off values are needed to identify metabolic syndrome among South Koreans according to their Sasang constitutional type," *The Journal of Korean Medicine*, Vol.39, No.4, pp.51-61, 2018.
- [12] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and The PRISMA Group, "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement," *J Clin Epidemiol*, Vol.62, pp.1006-1012, 2009.
- [13] Y. G. Seo, H. J. Song, and Y. R. Song, "Fat-to-muscle ratio as a predictor of insulin resistance and metabolic syndrome in Korean adults," *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, Vol.11, No.3, pp.710-725, 2020.
- [14] B. J. Lee and J. Y. Kim "Identification of metabolic syndrome using phenotypes consisting of triglyceride levels with anthropometric indices in Korean adults," *BMC Endocr Disord*, Vol.20, No.1, p.29, 2020.
- [15] K. A. Shin, "Assessing a Body Shape Index and Waist to Height Ratio as a Risk Predictor for Insulin Resistance and Metabolic Syndrome among Korean Adults," *The Korean Journal of Clinical Laboratory Science*, Vol.50, No.1, pp.44-53, 2018.
- [16] J. S. Yu, Y. Baek, D. Hyun, and S. J. Chang, "Customized BMI and waist circumference cut-off values are needed to identify metabolic syndrome among South Koreans according to their Sasang constitutional type," *Journal of Korean Medicine*, Vol.39, No.4, pp.51-61, 2018.
- [17] S. Lee, H. Lee, J. R. Choi, and S. B. Koh, "Development and Validation of Prediction Model for Risk Reduction of Metabolic Syndrome by Body Weight Control: A Prospective Population-based Study," *Sci Rep*, Vol.10, No.1, p.10006, 2020.
- [18] S. A. Ye, Y. Ko, B. H. Jang, T. Y. Park, Y. Baek, B. K. Kang, and Y. K. Song, "The Study on

- Availability as a Predictor of Waist-to-Height Ratio for Metabolic Syndrome Diagnosis in Koreans," *Journal of Korean Medicine for Obesity Research*, Vol.17, No.2, pp.127-132, 2017.
- [19] J. Namkung, J. H. Sohn, J. S. Chang, S. W. Park, J. Y. Kim, S. B. Koh, I. D. Kong, and K. S. Park, "Increased Serum Angiopoietin-Like 6 Ahead of Metabolic Syndrome in a Prospective Cohort Study," *Diabetes Metab J*, Vol.43, No.4, pp.521-529, 2019.
- [20] S. B. Hong and K. A. Shin, "Significance of Non HDL-cholesterol and Triglyceride to HDL-cholesterol Ratio as Predictors for Metabolic Syndrome among Korean Elderly," *The Korean Journal of Clinical Laboratory Science*, Vol.50, No.3, pp.245-252, 2018.
- [21] H. S. Yang, M. Hur, H. Kim, S. J. Kim, S. Shin, S. Di Somma, and G. Network, "HDL Subclass Analysis in Predicting Metabolic Syndrome in Koreans With High HDL Cholesterol Levels," *Ann Lab Med*, Vol.40, No.4, pp.297-305, 2020.
- [22] K. R. Park and Y. C. Cho, "Prevalence Rates of Risk Factors of Metabolic Syndrome, and Its Related with Obesity Indices Among the Health Checkup Examinees," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.3, pp.153-162, 2016.
- [23] S. Lee, S. K. Lee, J. Y. Kim, N. Cho, and C. Shin, "Sasang constitutional types for the risk prediction of metabolic syndrome: a 14-year longitudinal prospective cohort study," *BMC Complement Altern Med*, Vol.17, No.1, p.438, 2017.
- [24] J. H. Yoon, J. K. Park, S. S. Oh, K. H. Lee, S. K. Kim, I. J. Cho, J. K. Kim, H. T. Kang, S. G. Ahn, J. W. Lee, S. H. Lee, A. Eom, J. Y. Kim, S. V. Ahn, and S. B. Koh, "The ratio of serum leptin to adiponectin provides adjunctive information to the risk of metabolic syndrome beyond the homeostasis model assessment insulin resistance: the Korean Genomic Rural Cohort Study," *Clin Chim Acta*, Vol.412, No.23-24, pp.2199-2205, 2011.
- [25] Y. H. Oh, J. H. Moon, H. J. Kim, and M. H. Kong, "Visceral-to-subcutaneous fat ratio as a predictor of the multiple metabolic risk factors for subjects with normal waist circumference in Korea," *Diabetes Metab Syndr Obes*, Vol.10, pp.505-511, 2017.
- [26] A. Lee, Y. J. Kim, S. W. Oh, C. M. Lee, H. C. Choi, H. K. Joh, B. Oh, S. S. Hwang, S. J. Kim, and O. D. Kwon, "Cut-Off Values for Visceral Fat Area Identifying Korean Adults at Risk for Metabolic Syndrome," *Korean J Fam Med*, Vol.39, No.4, pp.239-246, 2018.
- [27] D. Yadav, E. S. Lee, H. M. Kim, E. Choi, E. Y. Lee, J. S. Lim, S. V. Ahn, S. B. Koh, and C. H. Chung, "Prospective study of serum uric acid levels and incident metabolic syndrome in a Korean rural cohort," *Atherosclerosis*, Vol.241, No.1, pp.271-277, 2015.
- [28] D. Yadav, E. Choi, S. V. Ahn, S. K. Baik, Y. Z. Cho, S. B. Koh, J. H. Huh, Y. Chang, K. C. Sung, and J. Y. Kim, "Incremental Predictive Value of Serum AST-to-ALT Ratio for Incident Metabolic Syndrome: The ARIRANG Study," *PLoS One*, Vol.11, No.8, p.e0161304, 2016.
- [29] J. S. Park and S. H. Kim, "Validity of muscle-to-fat ratio as a predictor of adult metabolic syndrome," *J. Phys. Ther. Sci.* Vol.28, No.28, pp.1036-1045, 2016.
- [30] K. A. Shin, "Clinical Usefulness of Serum Uric Acid and Resting Heart Rate in the Diagnosis of Metabolic Syndrome in Korean Adults," *Biomedical Science Letters*, Vol.23, No.2, pp.118-127, 2017.
- [31] D. R. Kang, D. Yadav, S. B. Koh, J. Y. Kim, and S. V. Ahn, "Impact of Serum Leptin to Adiponectin Ratio on Regression of Metabolic Syndrome in High-Risk Individuals: The ARIRANG Study," *Yonsei Med J*, Vol.58, No.2, pp.339-346, 2017.
- [32] M. Y. Lee, D. S. Hyon, J. H. Huh, H. K. Kim, S. K. Han, J. Y. Kim, and S. B. Koh, "Association between Serum Gamma-Glutamyltransferase and Prevalence of Metabolic Syndrome Using Data from the Korean Genome and Epidemiology Study," *Endocrinol Metab (Seoul)*, Vol.34, No.4, pp.390-397, 2019.

- [33] S. Lim, J. H. Kim, J. W. Yoon, S. M. Kang, S. H. Choi, Y. J. Park, K. W. Kim, N. H. Cho, H. Shin, K. S. Park, and H. C. Jang, "Optimal cut points of waist circumference (WC) and visceral fat area (VFA) predicting for metabolic syndrome (MetS) in elderly population in the Korean Longitudinal Study on Health and Aging (KLoSHA)," *Arch Gerontol Geriatr*, Vol.54, No.2, pp.e29-34, 2012.
- [34] S. K. Park, J. H. Ryoo, C. M. Oh, J. M. Choi, and J. Y. Jung, "1-Hour and 2-Hour Postload Glucose Level on Oral Glucose Tolerance Test and the Risk of Incident Metabolic Syndrome," *J Clin Endocrinol Metab*, Vol.104, No.2, pp.539-549, 2019.
- [35] 김수영, 박지은, 서현주, 서혜선, 손희정, 신채민, 이윤재, 장보형, *NECA 체계적 문헌고찰 매뉴얼*, 서울: 한국보건 의료연구원 신의료기술평가사업팀, 2011.
- [36] 김수영, 이윤재, 서현주, 박지은, *임상연구 문헌 분류 도구 및 비플임위험 평가도구 개정*, 건강보험심사평가원, 2013.
- [37] K. G. M. M. Alberti, Robert H. Eckel, Scott M. Grundy, Paul Z. Zimmet, James I. Cleeman, Karen A. Donato, Jean-Charles Fruchart, W Philip T. James, Catherine M. Loria, and Sidney C. Smith, "Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity," *Circulation : Journal of the American Heart Association.*, Vol.120, No.16, pp.1640-1645, 2009.
- [38] G. M. Reaven, "Banting Lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. 1988," *Nutrition*, Vol.13, No.1, pp.64-66, 1997.
- [39] K. G. Alberti and P. Z. Zimmet, "Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation," *Diabet Med*, Vol.15, No.7, pp.539-553, 1998.
- [40] P. Ranasinghe, Y. Mathangasinghe, R. Jayawardena, A. P. Hills, and A. Misra, "Prevalence and trends of metabolic syndrome among adults in the asia-pacific region: a systematic review," *BMC Public Health*, Vol.17, No.1, p.101, 2017.
- [41] S. M. Grundy, J. I. Cleeman, S. R. Daniels, K. A. Donato, R. H. Eckel, B. A. Franklin, D. J. Gordon, R. M. Krauss, P. J. Savage, S. C. Smith, J. A. Spertus, and F. Costa, "Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement," *Circulation*, Vol.112, No.17, pp.2735-2752, 2005.
- [42] 남옥연, 이성희, 강재현, 김철환, 김성걸, "정상 성인 남성에서의 대사증후군과 인슐린 저항성과의 관련성: IDF 새로운 진단기준과 NCEP-ATP III 진단기준 적용," *가정의학회지*, 제27권, 제10호, pp.807-814, 2006.
- [43] 진료지침위원회, *당뇨병 진료지침 2011*, 대한당뇨병학회, 2011.
- [44] J. P. Narvaez, M. Guillen, and M. Alcañiz, "Predicting Motor Insurance Claims Using Telematics Data—XGBoost versus Logistic Regression," *Risks*, Vol.7, No.2, p.70, 2019.
- [45] A. J. Myles, R. N. Feudale, Y. Liu, N. A. Woody, and S. D. Brown, "An introduction to decision tree modeling," *Journal of Chemometrics*, Vol.18, No.6, pp.275-285, 2004.
- [46] T. J. Niiranen and R. S. Vasan, "Epidemiology of cardiovascular disease: recent novel outlooks on risk factors and clinical approaches," *Expert review of cardiovascular therapy*, Vol.14, No.7, pp.855-869, 2016.
- [47] R. Ramirez-Velez, H. A. Carrillo, J. E. Correa-Bautista, J. Schmidt-RioValle, E. Gonzalez-Jimenez, M. Correa-Rodriguez, K. Gonzalez-Ruiz, and A. Garcia-Hermoso, "Fat-to-Muscle Ratio: A New Anthropometric Indicator as a Screening Tool for Metabolic Syndrome in Young Colombian People," *Nutrients*, Vol.10, No.8, pp.261-271, 2018.
- [48] E. Suliga, E. Ciesla, M. Gluszek-Osuch, T. Rogula, S. Gluszek, and D. Koziel, "The Usefulness of Anthropometric Indices to Identify the Risk of Metabolic Syndrome," *Nutrients*, Vol.11, No.11, pp.1-14, 2019.
- [49] J. W. Lee, *Longevity and Life Preservation in*

Oriental Medicine, translated by S. H. Choi, Kyung Hee Univ Press, Seoul, 1996.

[50] K. H. Song, S. G. Yu, and J. Y. Kim, "Prevalence of Metabolic Syndrome according to Sasang Constitutional Medicine in Korean Subjects," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* Vol.2012, pp.646-794, 2012.

[51] E. Jang, Y. Baek, K. Park, and S. Lee, "The sasang constitution as an independent risk factor for metabolic syndrome: propensity matching analysis," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Vol.2013, pp.1-6, 2013.

저 자 소 개

성 대 경(Daikyung Seong)

정회원



- 2020년 8월 : 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 2021년 10월 ~ 현재 : 한국한의학연구원 인턴

〈관심분야〉 : 데이터 분석, AI

정 경 식(Kyoungsik Jeong)

정회원



- 2020년 2월 : 한국방송통신대학교 통계학과(학사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한국한의학연구원 기술연구원

〈관심분야〉 : 보건의료

이 시 우(Siwoo Lee)

정회원



- 2006년 : 원광대학교 한의학(박사)
- 2005년 7월 ~ 현재 : 한국한의학연구원 책임연구원
- 2006년 ~ 2015년 : 원광대학교 한의과대학 겸임교수

〈관심분야〉 : 한의학, 맞춤의학

백 영 화(Younghwa Baek)

정회원



- 2017년 : 충남대학교 보건학(박사)
- 2007년 6월 ~ 현재 : 한국한의학연구원 선임연구원

〈관심분야〉 : 보건의료, 코호트(cohort), 한의역학연구