

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.4.289>

JCCT 2020-11-37

머신러닝 기반 중노년층의 기능성 위장장애 예측 모델 구현

Prediction model of peptic ulcer diseases in middle-aged and elderly adults based on machine learning

이범주*

Bum Ju Lee*

요약 기능성 위장장애는 *Helicobacter pylori* 감염 및 비 스테로이드성 항염증제의 사용 등의 원인으로 발생하는 소화기 계통 질환이다. 그동안 기능성 위장장애의 위험요인에 대한 많은 연구들이 수행되어졌으나, 한국인에 대한 기능성 위장장애 예측 모델 제시에 대한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 중년 및 노년층을 대상으로 인구학적정보, 비만정보, 혈액정보, 영양성분 정보를 바탕으로 머신러닝을 이용하여 기능성위장장애 예측 모델을 구현하고 평가하는 것이다. 모델생성을 위해 wrapper-based variable selection 메소드와 naive Bayes 알고리즘이 사용되었다. 여성 예측 모델의 분류 정확도는 0.712의 the area under the receiver operating characteristics curve (AUC) 값을 나타냈고, 남성에서는 여성보다 낮은 0.674의 AUC값이 나타났다. 이러한 연구결과는 향후 중년 및 노년층의 위장장애 질환의 예측과 예방에 활용될 수 있다.

주요어 : 예측 모델, 위장장애, 위험요인, 연관성, 머신러닝

Abstract Peptic ulcer disease is a gastrointestinal disorder caused by *Helicobacter pylori* infection and the use of nonsteroid anti-inflammatory drugs. While many studies have been conducted to find the risk factors of peptic ulcers, there are no studies on the suggestion of peptic ulcer prediction models for Koreans. Therefore, the purpose of this study is to implement peptic ulcer prediction model using machine learning based on demographic information, obesity information, blood information, and nutritional information for middle-aged and elderly people. For model building, wrapper-based variable selection method and naive Bayes algorithm were used. The classification accuracy of the female prediction model was the area under the receiver operating characteristics curve (AUC) of 0.712, and males showed an AUC of 0.674, which is lower than that of females. These results can be used for prediction and prevention of peptic ulcers in the middle and elderly people.

Key words : Prediction model, Peptic ulcers, Risk factor, Association, Machine learning

1. 서 론

구성된 매우 일반적인 소화기계 질환 중 하나이다 [1-3]. 전통적으로 식습관 또는 스트레스가 이러한 질병

기능성 위장장애는 위궤양 및 십이지장 궤양 등으로

*정회원, 한국한의학연구원 (단독저자)
한국한의학연구원 미래의학부 책임연구원, 충북대학교
전자계산학과 박사졸업
접수일 : 2020년 09월 15일, 수정완료일: 2020년 09월 30일
게재확정일: 2020년 10월 08일

Received: September 15, 2020 / Revised: September 30, 2020
Accepted: October 08, 2020
*Corresponding Author: bjlee@kiom.re.kr
Future Medicine Division, Korea Institute of Oriental
Medicine, Korea

의 가장 큰 요인이라고 알려져 왔으나, 이후 *Helicobacter pylori* 감염 및 비스테로이드성 항염증제의 사용이 주요 원인이라고 알려져 왔다 [1] [2]. 최근까지 이러한 기능성 위장장애의 위험요인 또는 연관성이 높은 임상지표들의 도출에 대한 연구들이 진행되어져왔고, 많은 연구들에서 *Helicobacter pylori* 감염, 식습관, 영양성분 섭취, 수면시간, 교육수준, 수입, 성별, 비만, 정신적 및 신체적 스트레스, 생활습관, 흡연, 음주, 혈액 지표 등의 여러 요인들이 기능성 위장장애와 연관성이 있는 것으로 밝혀졌다 [1-7]. 예를 들어, 여성에서는 나이, 수축기 혈압 등이 기능성 위장장애와 연관성이 있고, 남성에서는 나이, 수축기 혈압뿐만 아니라 비타민 C와 칼륨의 섭취 여부도 위장장애와 연관성이 있다고 언급되었다 [2]. 또한 체질량지수, 복부둘레, 복부와 신장의 비율정보, 체지방량 등이 기능성 위장장애와 연관성이 있고 [6], 짠 음식의 섭취, 속쓰림, 척추 측만, 우울증, 불안증 등도 위장장애의 위험요인으로 제시되었다 [8] [9].

이러한 수 많은 연구들에도 불구하고 아직까지 머신러닝을 기반으로 한국인에 대한 기능성 위장장애 예측 관련 연구는 거의 수행되지 못했다. 예측 모델 구현을 위한 인공지능 및 머신러닝은 최근에 이르러 의학, 비즈니스, 전력 등 다양한 연구에 활용되어지고 있다 [10-12]. 따라서, 본 연구에서는 머신러닝을 기반으로 한국인 중년 및 노년을 대상으로 인구학적 정보, 비만 정보, 혈액 및 영양성분 정보를 이용한 기능성 위장장애 예측모델을 개발하는 것을 목적으로 한다. 이러한 예측 모델은 향후 위장장애에 예방을 위한 정보로 활용 가능할 것이다.

II. 메소드

1. 분석 데이터 셋

기능성 위장장애 예측 모델 구축을 위하여 본 연구에서는 질병관리본부 국민건강영양조사 1기 데이터를 활용하였다. 본 연구를 위하여 한국한의학연구원 생명윤리심의위원회로부터 IRB 승인을 획득하였다(IRB No. I-2007/006-003). 본 연구에서는 중년 및 노년층 연령대(41-70) 남녀를 대상으로 연구를 수행한다. 최종 분석 데이터로 여성에서는 정상군 1376개 샘플, 기능성 위장장애군 223개 샘플, 남성에서는 정상군 1182개 샘플, 기

능성 위장장애군 134개 샘플이 사용되었다.

2. 변수

모델 생성을 위해 사용된 변수들은 크게 4가지로 구성된다. 첫째, 인구학적 정보로는 나이, 교육수준, 결혼 여부, 직업, 생활수준, 경제활동, 월평균 가구소득, 개인별 소득 4분위수, 가구별 소득 4분위수, 주관적 건강인식, 건강에 대한 염려도, 슬픔/우울증, 흡연여부, 음주여부, 체중변화 정도, 평소 운동여부, 운동시간, 하루평균 수면시간, 피로 인식도, 평소 스트레스 정도, 관절염 진단, 요통 및 좌골통 진단, 디스크 진단, 만성간염, 당뇨병 진단, 고혈압 진단, 소화불량 진단이 사용되었다. 둘째, 인체계측정보에서는, 체중, 신장, 허리둘레, 엉덩이둘레, 허리와 신장의 비율, 맥박수, 수축기 및 이완기혈압이 사용되었다. 셋째, 혈액정보에서는 헤모글로빈, 헤마토크릿, 적혈구, 백혈구, 혈소판, AST, ALT, 총콜레스테롤, 중성지방, 공복시혈당, 당화혈색소, 혈중요소질소, 크레아티닌, B형간염항원 및 항체가 사용되었다. 넷째, 식생활 지표 및 영양성분에서는 1일 식사횟수, 식사의 규칙성, 과식, 간식횟수, 외식, 영양제 등의 복용여부, 에너지, 수분, 단백질, 지방, 탄수화물, 식이섬유, 회분, 칼슘, 인, 철, 나트륨, 칼륨, 비타민 A, 카로틴, 레티놀, 티아민, 리보플라빈, 나이아신, 비타민 C가 사용되었다. 세부적인 내용은 국민건강영양조사 1기 원시데이터 사용설명서에 기술되어져 있다.

3. 예측 모델 생성 및 분석방법

본 연구에서 모델 생성은 WEKA software (version 3.8.3)를 사용하여 개발되었고, 데이터 분석을 위하여 IBM SPSS (version 23, SPSS Inc., Chicago, IL, US)를 사용하였다. 예측 모델 생성 방법으로, variable subset selection 메소드에서는 wrapper-based variable subset selection을 사용하였고, 분류알고리즘으로는 naive Bayes 알고리즘(Best-first search)을 적용하였다. naive Bayes를 이용한 모델 생성 및 평가에 대한 방법은 참고문헌 [13]에 자세히 기술되어있다. 이러한 메소드 선택의 이유는 SVM, decision tree, random forest 등의 다양한 분류 알고리즘들과 filter 기반 및 embeded 기반 variable subset selection 메소드들을 활용한 선행연구의 결과를 바탕으로 wrapper 기반 naive Bayes 분류 알고리즘이 가장 좋은 성능을 나타내었기 때문이다. 모델 평가는 10-fold cross-validation을 사용하였고, 정확도 평가를 위하여 the area under the receiver

표 1. 여성과 남성에서 기능성 위장장애 예측모델의 정확도

Table 1. Accuracy of prediction models of peptic ulcers in men and women

성별	정상군/환자군	AUC	Sensitivity	1-specificity	Precision	F-Measure
여성	Normal	0.712	0.945	0.821	0.877	0.91
	Peptic ulcers		0.179	0.055	0.348	0.237
남성	Normal	0.674	0.978	0.948	0.901	0.938
	Peptic ulcers		0.052	0.022	0.212	0.084

* Wrapper-based variable selection기반 naive Bayes 분류 알고리즘을 이용하여 생성된 모델임

operating characteristics curve (AUC)를 제시하였고, 세부 성능평가를 위하여 sensitivity, 1-specificity, precision, F-measure를 제시하였다. 또한 variable subset selection 실험을 통하여 선택된 변수들의 분석을 위하여, 연속형 변수들은 독립표본 t-test를 이용하여 분석하였고, 범주형 변수들은 Chi-square test를 이용하여 분석결과를 제시하였다.

III. 결과

1. 기능성 위장장애 예측 모델 성능

표 1은 기능성 위장장애 예측모델에 대한 성능평가를 나타낸다. 여성에서 정상군과 기능성 위장장애군의 분류 정확도는 0.712의 AUC 값을 나타냈다. 남성에서는 여성보다 낮은 0.674의 AUC값이 도출되었다. 세부 성능평가에서, 여성 정상군에서는 0.945의 sensitivity와 0.821의 1-specificity 값이 나타났고, 기능성 위장장애군에서는 0.179의 sensitivity와 0.055의 1-specificity가 나타났다. 남성 정상군에서는 0.978의 sensitivity와 0.948의 1-specificity가 구해졌고, 기능성 위장장애군에서는 0.052의 sensitivity와 0.022의 1-specificity가 나타났다. 성능평가에서 보듯이 남성에 비하여 여성의 예측 성능이 높았다.

2. 모델 적용 변수 분석

표 2는 여성에서 wrapper-based variable selection 메소드를 통해 선택된 17개의 변수들으로써 기능성 위장장애 예측 모델에 적용된 변수들의 세부 분석결과를 나타낸다. 선택된 변수들 중에서 관절염 의사진단, 주관적 건강인식, 피로 인식도, 이완기 혈압, 체중, 주관적 건강인식, 평소 스트레스 정도 변수들은 기능성 위장장애와 매우 높은 연관성이 있는 것으로 나타났다 ($p < 0.001$). 또한, 인체계측정보 중에서는 복부둘레와 신장의 비율 ($p = 0.001$), 영양성분정보 중에서는 리보플라빈이 위장장애와 연관성이 있는 것으로 나타났다 ($p = 0.009$). 그러나 비록 wrapper-based variable selection

메소드에서 선택되어 최종 모델에 적용되었을지라도 당뇨병 의사진단, 소화불량 의사진단, 간식횟수, 15초간 맥박수, 신장, aspartate transaminase, 지방, 티아민 변수는 기능성 위장장애와 연관성이 없는 것으로 나타났다.

표 3는 남성에서 기능성 위장장애 예측 모델에 적용된 15개 변수들의 세부 분석결과를 나타낸다. 주관적 건강인식 변수가 기능성 위장장애와 매우 높은 연관성을 지닌 것으로 나타났고 ($p = <0.001$), 그 외 인구학적 정보에서는 건강에 대한 염려도 ($p = 0.001$), 평소 스트레스 정도 ($p = 0.021$), 나이 ($p = 0.027$), 비만 지표중에서는 엉덩이 둘레 ($p = 0.004$), 영양성분 정보에서는 나이아신 ($p = 0.023$)이 기능성 위장장애와 연관성이 있는 것으로 나타났다. 비록 최종 모델에 적용되었을지라도 거주지역, 피로 인식도, 영양제 등의 복용여부, B형 간염항체, 15초간 맥박수, 수축기 혈압, 적혈구, HDL 콜레스테롤, 크레아티닌은 기능성 위장장애와 연관성이 없는 것으로 나타났다.

IV. 토론

본 연구에서는 인구학적 정보, 비만정보, 양양성분 정보, 혈액 정보를 활용하여 머신러닝 기반 기능성 위장장애 예측 모델을 제시하였다. 최근까지 국내외 주요 선행연구들 중에서 본 연구와 동일한 기능성 위장장애 예측 관련 연구는 거의 없는 실정이다. 유사 연구들로는 해외 연구들에서 궤양성 출혈 및 천공성 위궤양 사망 예측에 관련된 연구들이 수행되어졌다 [10] [14-16]. Wong et al. [10]의 연구에서는 재발성 궤양 출혈 위험이 높은 환자를 예측하는 모델을 구현하였고, 나이, 헤모글로빈, 위궤양, 위장병, 악성종양 및 감염 여부 등을 변수로 활용하여 향후 1년 이내 출혈이 재발하는 환자를 예측하는데 0.648의 정확도 (AUC)값을 제시하였다. Chiu et al. [14]의 연구에서는 출혈성 소화성 궤양 환자의 위험 예측 인자들을 도출하고 사망률 예측 모델을 개발하였고, 동반질환의 존재여부, 1개 이상의 동반 질환

표 2. 여성에서 기능성 위장장애 예측 모델에 사용된 변수 분석 결과

Table 2. Analysis of selected variables used in prediction model in women

선택된 변수명	범주형 변수항목	Normal (n=1376)	Peptic ulcers (n=223)	p-value
관절염 의사진단	아니오	92 (5.8%)	15 (0.9%)	<0.001
	예	319 (19.9%)	79 (4.9%)	
	비해당	965 (60.4%)	129 (8.1%)	
당뇨병 의사진단	아니오	1289 (80.6%)	215 (13.4%)	0.109
	예	87 (5.4%)	8 (0.5%)	
소화불량 의사진단	아니오	1370 (85.7%)	223 (13.9%)	0.323
	예	6 (0.4%)	0 (0%)	
주관적 건강인식	매우 건강함	44 (2.8%)	1 (0.1%)	<0.001
	건강함	439 (27.5%)	41 (2.6%)	
	보통	397 (24.8%)	47 (2.9%)	
	건강하지 못함	410 (25.6%)	100 (6.3%)	
	매우 건강하지 못함	86 (5.4%)	34 (2.1%)	
건강에 대한 염려도	항상 걱정	434 (27.1%)	114 (7.1%)	<0.001
	가끔 걱정	593 (37.1%)	82 (5.1%)	
	걱정하지 않는 편	273 (17.1%)	25 (1.6%)	
	전혀 걱정안함	76 (4.8%)	2 (0.1%)	
피로 인식도	항상 느낌	346 (21.6%)	83 (5.2%)	<0.001
	때때로 느낌	797 (49.8%)	125 (7.8%)	
	거의 느끼지 않음	194 (12.1%)	14 (0.9%)	
	전혀 안느낌	39 (2.4%)	1 (0.1%)	
평소 스트레스 정도	대단히 많이 느낌	95 (5.9%)	32 (2%)	<0.001
	때때로 느낌	425 (26.6%)	91 (5.7%)	
	거의 느끼지 않음	557 (34.8%)	67 (4.2%)	
	전혀 안느낌	299 (18.7%)	33 (2.1%)	
간식횟수	1회	5 (0.3%)	1 (0.1%)	0.512
	2회	234 (14.6%)	30 (1.9%)	
	3회	1134 (70.9%)	192 (12%)	
	4회	3 (0.2%)	0 (0%)	
15초간 맥박수		18.2 (2.398)	18.22 (2.73)	0.939
이완기 혈압 (mmHg)		80.31 (11.56)	77.12 (11.4)	<0.001
체중 (kg)		57.94 (8.371)	55.16 (8.587)	<0.001
신장 (cm)		154.3 (5.572)	153.8 (5.061)	0.124
복부둘레와 신장의 비율 (ratio)		0.534 (0.06)	0.52 (0.06)	0.001
Aspartate transaminase (IU/L)		26.21 (9.407)	27.35 (10.79)	0.135
지방 (g)		25.77 (22.66)	26.55 (25.81)	0.641
티아민 (mg)		1.13 (0.666)	1.2 (0.648)	0.19
리보플라빈 (mg)		0.83 (0.647)	0.7 (0.638)	0.009

* Chi-square test (범주형 변수)와 독립표본 t-test (연속형 변수)에 의한 분석결과임

* 범주형 변수는 빈도수(%)로 기술되고, 연속형 변수는 평균 (표준편차)로 표기됨

병, 토혈 (hematemesis), 100 mmHg 이하의 수축기 혈압, 병원내 출혈, 재출혈, 수술의 필요성 등이 사망에 이르는 중요 위험 요인이라는 것을 밝혀내었고, 사망률 예측 모델을 개발하여 0.729의 정확도 (AUC)를 제시하였다. Thorsen [15]는 천공성 위궤양의 사망률을 예측하기 위해 3가지의 스코어링 시스템 (American Society of Anesthesiologists score, Peptic ulcer perforation score, Boey score)과 임상학적 위험요인들을 비교하는 연구를 수행하였고, 나이의 증가, 악성종양의 존재, 입원후 수술까지의 지연시간, 저알부민혈증 (hypoalbuminaemia), 고

빌리루빈혈증(hyperbilirubinaemia), 크레아티닌의 증가의 조합을 이용하여 가장 높은 사망률 예측 정확도 (AUC=0.89)를 제시하였다.

이러한 연구들이 선행되었음에도 불구하고 이러한 출혈성 궤양 및 사망률에 대한 예측모델은 본 연구에서 제시한 기능성 위장장애 예측 모델과는 다르기 때문에 상호 결과를 직접적으로 비교 평가하는 것은 어렵다. 향후 연구로는 보다 많은 샘플들을 확보하고 기능성 위장장애와 연관성이 높은 임상지표를 도출하여 보다 정확한 기능성 위장장애 예측 모델을 구현하는 것이다.

표 3. 남성에서 기능성 위장장애 예측 모델에 사용된 변수 분석 결과

Table 3. Analysis of selected variables used in prediction model in men

선택된 변수명	범주형 변수항목	Normal (n=1182)	Peptic ulcer (n=134)	p-value
거주지역	서울	186 (14.1%)	18 (1.4%)	0.286
	부산	93 (7.1%)	9 (0.7%)	
	대구	42 (3.2%)	5 (0.4%)	
	인천	55 (4.2%)	7 (0.5%)	
	광주	28 (2.1%)	3 (0.2%)	
	대전	22 (1.7%)	1 (0.1%)	
	경기	169 (12.8%)	18 (1.4%)	
	강원	52 (4%)	4 (0.3%)	
	충북	51 (3.9%)	7 (0.5%)	
	충남	93 (7.1%)	6 (0.5%)	
	전북	64 (4.9%)	8 (0.6%)	
	전남	101 (7.7%)	6 (0.5%)	
	경북	95 (7.2%)	20 (1.5%)	
	경남	122 (9.3%)	20 (1.5%)	
	제주	9 (0.7%)	2 (0.2%)	
주관적 건강인식	매우 건강함	93 (7.1%)	3 (0.2%)	<0.001
	건강함	427 (32.4%)	30 (2.3%)	
	보통	413 (31.4%)	45 (3.4%)	
	건강하지 못함	210 (16%)	46 (3.5%)	
	매우 건강하지 못함	39 (3%)	10 (0.8%)	
건강에 대한 염려도	항상 걱정	243 (18.5%)	46 (3.5%)	0.001
	가끔 걱정	580 (44.1%)	60 (4.6%)	
	걱정하지 않는 편	279 (21.2%)	26 (2%)	
	전혀 걱정안함	80 (6.1%)	2 (0.2%)	
피로 인식도	항상 느낌	193 (14.7%)	28 (2.1%)	0.061
	때때로 느낌	718 (54.6%)	87 (6.6%)	
	거의 느끼지 않음	222 (16.9%)	18 (1.4%)	
	전혀 안느낌	49 (3.7%)	1 (0.1%)	
평소 스트레스 정도	대단히 많이 느낌	69 (5.2%)	15 (1.1%)	0.021
	때때로 느낌	311 (23.6%)	40 (3%)	
	거의 느끼지 않음	527 (40%)	59 (4.5%)	
	전혀 안느낌	275 (20.9%)	20 (1.5%)	
영양제, 건강보조식품, 보약 복용여부	예	247 (18.8%)	37 (2.8%)	0.073
	아니오	935 (71%)	97 (7.4%)	
B형간염항체	음성	512 (38.9%)	53 (4.0%)	0.404
	양성	670 (50.9%)	81 (6.2%)	
나이 (year)		53.5 (8.466)	55.2 (8.184)	0.027
15초간 맥박수		18.19 (2.619)	17.75 (2.289)	0.065
수축기 혈압 (mmHg)		131.2 (21.03)	127.5 (20.95)	0.052
영덩이둘레 (cm)		93.13 (6.204)	91.49 (5.981)	0.004
적혈구 (Ml/uL)		4.99 (0.433)	4.92 (0.369)	0.05
HDL콜레스테롤(mg/dl)		48.18 (13.14)	48.22 (11.12)	0.971
크레아티닌(mg/dl)		1.01 (0.188)	1 (0)	0.405
나이아신 (mg)		18.37 (12.36)	15.87 (9.116)	0.023

* Chi-square test (범주형 변수)와 독립표본 t-test (연속형 변수)에 의한 분석결과임

* 범주형 변수는 빈도수(%)로 기술되고, 연속형 변수는 평균 (표준편차)로 표기됨

V. 결 론

위십이지장 궤양 등에 의해 발생하는 기능성 위장장애는 전 세계적으로 매우 일반적으로 발생하는 소화기계통 질환이다. 본 연구에서는 한국인 중년 및 노년층

을 대상으로 기능성 위장장애 예측모델을 생성하였고 성능평가를 수행하였다. 또한 남녀 각각의 모델에 선택된 최종 변수들에 대한 분석을 통하여 변수들과 기능성 위장장애와의 연관성 분석 결과를 도출하였다. 이러한 연구 결과는 향후 중년 및 노년층의 위장장애 질환 예

방 및 예측을 위한 정보로 활용 가능할 것이다.

References

- [1] Angel Lanas, Francis K L Chan, "Peptic ulcer disease". *The Lancet*. Vol. 390, No. 10094, pp. 613-624, 2017. doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32404-7
- [2] Bum Ju Lee, Jihye Kim, Keun Ho Kim, "Association of gastric and duodenal ulcers with anthropometry and nutrients: Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES II-IV) 2001-2009". *PLoS ONE*. Vol. 13, No. 11, pp. e0207373, 2018. doi.org/10.1371/journal.pone.0207373
- [3] Bum Ju Lee, Jihye Kim, Keun Ho Kim. "Association of peptic ulcer disease with obesity, nutritional components, and blood parameters in the Korean population". *PLoS ONE*. Vol. 12, No. 8, pp. e0183777. 2017. doi.org/10.1371/journal.pone.0183777
- [4] Li Z, Zou D, Ma X, Chen J, Shi X, Gong Y, et al. "Epidemiology of peptic ulcer disease: endoscopic results of the systematic investigation of gastrointestinal disease in China". *Am. J. Gastroenterol*. Vol. 105, No. 12, pp. 2570-2577, 2010. doi.org/10.1038/ajg.2010.324
- [5] Everhart JE, Byrd-Holt D, Sonnenberg A. "Incidence and risk factors for self-reported peptic ulcer disease in the United States". *Am. J. Epidemiol*. Vol. 147, No. 6, pp. 529-536, 1998
- [6] Kalichman L, Livshits G, Kobylansky E. "Indices of body composition and chronic morbidity: a cross-sectional study of a rural population in central Russia". *Am. J. Hum. Biol*. Vol. 18, No. 3, pp. 350-358, 2006. doi.org/10.1002/ajhb.20506
- [7] Ifeanyi OE, Sunday AG. "Some haematological and biochemical parameters in peptic ulcer patients in umudike, abia state, nigeria". *World J. Pharm. Sci*. Vol. 3, No. 4, pp. 294-302, 2014.
- [8] Seong Ran Lee. "Factors Related to the Incidence of Perforated Gastric Ulcer and Daily Habits of Adults in the Central Region". *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*. Vol. 9, No. 7, pp. 549-557, 2019.
- [9] Sang-Jin Hong, Eun-Young Kim. "Relations between Scoliosis and Gastroenteric Disorder". *Korean Journal of Health Education and Promotion*. Vol. 21, No. 1, pp. 319-328, 2004.
- [10] Grace Lai Hung Wong, Andy Jinhua Ma, Huiqi Deng, Jessica Yuet Ling Ching, Vincent Wai Sun Wong et al. "Machine learning model to predict recurrent ulcer bleeding in patients with history of idiopathic gastroduodenal ulcer bleeding". *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*. Vol. 49, No. 7, pp. 912-918, 2019. doi.org/10.1111/apt.15145
- [11] JungHun Yoo, Bum Ju Lee. "Prediction model of osteoporosis using nutritional components based on association". *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*. Vol. 6, No. 3, pp. 457-462, 2020. doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.3.457
- [12] Soonduck Yoo. "A Study on AI Business Ecosystem". *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*. Vol. 20, No. 2, pp. 21-27, 2020. doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.2.21
- [13] Sebastian Okser, Terho Lehtimäki, Laura L. Elo, Nina Mononen, Nina Peltonen et al. "Genetic Variants and Their Interactions in the Prediction of Increased Pre-Clinical Carotid Atherosclerosis: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study". *PLoS Genetics*. Vol. 6, No. 9, pp. e1001146, 2010. doi.org/10.1371/journal.pgen.1001146
- [14] Philip W. Y. Chiu, Enders K. W. Ng, Frances K. Y. Cheung, Francis K. L. Chan, W. K. Leung et al. "Predicting Mortality in Patients With Bleeding Peptic Ulcers After Therapeutic Endoscopy". *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. Vol. 7, No. 3, pp. 311-316, 2009. doi.org/10.1016/j.cgh.2008.08.044
- [15] Kenneth Thorsen, Jon Arne Søreide, Kjetil Søreide. "What Is the Best Predictor of Mortality in Perforated Peptic Ulcer Disease? A Population-Based, Multivariable Regression Analysis Including Three Clinical Scoring Systems". *Journal of Gastrointestinal Surgery*. Vol. 18, pp. 1261-1268, 2014. doi.org/10.1007/s11605-014-2485-5

※ 본 연구는 한국한의학연구원 주요사업 "AI
한 의사 개발을 위한 임상 빅데이터 수집 및
서비스 플랫폼 구축(KSN2012110)"의 지
원을 받아 수행되었음.