

한의학의 한증 분류를 위한 복부 특성 기반의 통계 모델 연구

김근호

한국한의학연구원

rkim70@kiom.re.kr

A Statistical Model Based on Abdominal Characteristics for the Classification of Cold Syndrome in Korean Medicine

Kim Keun Ho

Korea Institute of Oriental Medicine

요약

한열 변증은 주로 한의사의 임상적 판단이나 설문지에 의존한 정성적 평가에 머물러 있어, 객관적이고 정량적인 분석 방법이 요구된다. 본 연구에서는 한증을 중심으로 복부 검사 장치를 통해 수집된 복부 특성 지표를 이용하여 2단계 LASSO 로지스틱 회귀 모델을 구축하였다. 이를 통해 다중공선성을 제거하고 변수 선택을 수행하였으며, 한증 보유 군과 비보유군을 구분하는 유의한 예측 변수를 도출하였다. 이러한 결과는 LASSO 기반 통계 모델이 한증 변증의 객관화에 활용될 수 있음을 시사한다.

I. 서론

한의학에서는 인체의 내부 상태와 균형을 설명하기 위해 한열(寒熱) 개념을 사용하며, 신체가 차가운 성향을 보이면 한(寒) 또는 한증, 열이 과도한 상태를 열(熱) 또는 열증으로 구분한다. 한에 해당하는 경우 손발 냉증과 소화 기능 저하가 나타나며, 주로 양기의 허약이나 외부의 찬 환경이 원인으로 작용한다. 이러한 상태에서는 온열 자극이나 따뜻한 성질의 약재를 활용한다. 반면 열은 안면 홍조, 갈증, 변비, 염증 반응 등을 동반되며, 음기 부족이나 외부 열 자극에 의해 발생하는 경우가 많다. 치료 시에는 열을 내려주고 진정시키는 청열 작용의 방법과 약재를 사용한다. 한열은 각각 단독으로 나타나기도 하지만, 한과 열의 특성이 동시에 존재하는 한열차합의 형태로 관찰되기도 한다.[1,2]

복진은 진단 과정에서 병리적 상태를 확인하기 위해 흉부와 복부를 촉진·압박하는 검사로, 다른 진단 방법과 병행하여 시행된다. 현대 의학에서는 복부 장기나 조직의 해부학적 이상을 근거로 유기적 질환을 구별하는데 활용된다. 반면 한의학의 복진은 기질적 병변 확인을 넘어 복부의 형태와 돌출, 피부 색조, 경직도 및 압통 반응 등을 종합적으로 평가하여 오장 기능의 병리적 변화를 추정하는 데 목적이 있다. 이는 치료 방향을 설정하기 위한 변증의 중요한 근거로 활용된다. 다만 검사자의 숙련도에 따라 결과가 달라질 수 있어, 이를 보완하기 위해 복진 과정을 객관화하고 수치화한 복부 검사 장치가 개발되어 활용되고 있다.[3]

현재 한열 변증의 판정은 한의사의 임상적 판단이나 제한된 설문 도구에 의존하는 경우가 많아, 주로 정성적 평가 방식에 머물러 있다. 이에 본 연구에서는 한열 변증 결과와 복부 검사 장치를 활용해 얻은 복부 측정 지표 간의 관계를 임상적으로 분석하고자 하였다. 특히 본 연구의 주된 목표는 정량적 복부 물리 지표를 이용하여 한열 범주 중에서 비교적 명확하게 구분할 수 있는 한증을 객관적으로 분류할 수 있는 모델을 구하는 데 있다.

II. 본론

1. 피험자 모집

그림 1은 전체 과정을 보여주고 있다. 본 연구에 대한 임상시험은 2018년 4월부터 2020년 7월까지 서울 강동경희대학교병원에서 수행되었다. 연구 대상자는 만 20세 이상 65세 이하의 성인으로 일부 자료에 결측이 확인된 사람을 제외하고, 최종적으로 100명(남성 16명, 여성 84명)의 자료가 통계 분석에 활용되었다. 한열 설문에 따라 분류한 결과, 한증 점수 계산을 통해 한증을 보이는 군은 69명, 해당 특성이 없는 군은 31명이었다. 이를 통해 한증군과 비한증군을 분류하였다. 이러한 집단 구성을 바탕으로 복부의 형태적·색채적 특성과 함께, 압통 시의 측정 깊이에 따른 압력 비율을 정량적으로 평가하였다.

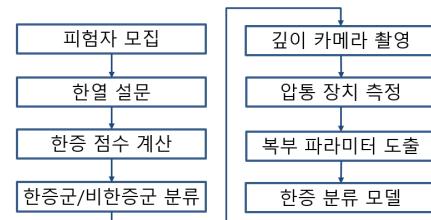


그림 1. 전체 과정



위 사이의 거리를 동일한 길이의 8개 구간으로 나누어 이를 기준 단위로 설정하고, 해당 단위를 적용하여 $CV_{0.15}$ 부터 $CV_{0.9}$ 까지의 지점을 정의하였으며, 동일한 방식으로 $CV_{0.7}$ 에서 $CV_{0.4}$ 까지의 영역을 추가로 설정하였다. 그림 2에서 신궐은 점선 동그라미로 표시되어 있다. 이 수직 기준선을 중심으로 동일한 단위 길이를 좌우로 확장하여, 왼쪽은 X축으로 1부터 5까지, 오른쪽은 X축으로 -1부터 -5까지 구분함으로써 복부를 세분화했다. 복부의 형상 정보는 3차원 카메라를 통해 깊이 기반의 기하학적 데이터를 획득하였으며, 색상 정보는 색상 차트(ColorChecker, X-Rite, USA)를 이용해 보정한 후 CIE $L^*a^*b^*$ 색 공간 값으로 변환된 이미지를 획득하였다.

3. 압통 장치 측정

복진 시 동일한 부위에 가해지는 압입 깊이와 압력 값은 복부의 경직도와 압통 반응을 평가하기 위해 숙련된 한의사가 디지털 압통계를 이용하여 측정하였다. 그림 3에 제시된 바와 같이 검사 과정 동안 피험자는 누워 있는 자세를 유지하였고, 검사자는 복부에 압통 장치를 누르는 자세인 복진 자세를 유지하였다. 측정 시 한의사는 장치를 복부 표면에 수직이 되도록 위치시킨 후, 점진적으로 압력을 증가시켰다. 피험자는 통증이 처음 인지되는 시점에 즉시 버튼을 누르도록 안내받았으며, 엄지손가락으로 신호 버튼이 눌리는 즉시 검사자는 압력 적용을 중단하였다. 이와 동시에 해당 시점의 압입 깊이와 압력 수치는 모니터에 자동으로 저장되었다.[4]

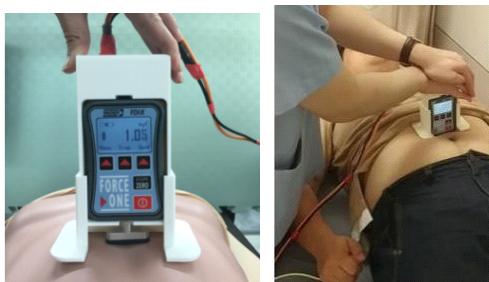


그림 3. 디지털 압통기의 복부 가압 및 부저 체크

4. 복부 파라미터 추출

깊이 카메라 촬영과 압통 장치 측정을 통해서 도출된 복부의 파라미터를 복부 영역별로 다음과 같이 구했다. 파라미터로는 CIE $L^*a^*b^*$ 값, 깊이, 좌우 대칭 지점 쌍의 깊이 차이(Bilateral depth difference), 수직 방향 깊이 차이(Vertical depth difference), 그리고 압력, 압입 깊이, 강성(Stiffness)과 같은 압통계 기반 지표를 포함하였다.

5. 한증 분류 모델

과적합을 최소화하면서 한증과 비(非)한증을 구분하기 위해 단계적 변수 선택 기반의 LASSO(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)[5] 로지스틱 회귀 모델을 구축하였다. 독립변수로는 위의 복부 파라미터를 포함하였으며, 종속변수는 한증 상태(한증 = 보유 = 1, 비한증 = 비보유 = 0)로 설정하였다. 결측값은 0으로 대체하였고, 다중공선성을 완화하기 위해 절대 상관계수 $|r| \geq 0.90$ 인 변수군에서는 대표 변수 1개만을 유지하였다. 이후 10-fold 교차검증(10-fold cross-validation(CV))을 적용한 1차 LASSO 회귀를 수행하여 회귀계수의 절댓값($|\beta|$)을 기준으로 변수 중요도를 산출하고, 계수가 0이 아닌 상위 20개의 변수를 선별하였다. 선별된 20개 변수를 사용하여 2차 LASSO 회귀 분석을 수행하였으며, 이 과정에서 정규화 강도(λ)는 ROC-AUC 기준에 따라 최적화하였다. 모델의 일반화 성능은 교차검증을 통해 산출된 평균 ROC-AUC \pm 표준편차로 평가하였다. 최종적으로 회귀계수가 0이 아닌 변수들을 유의한 예측 인자로

간주하였으며, 양의 계수는 한증 예측에 대한 기여도가 높음을 의미하고, 음의 계수는 비한증 예측과의 연관성을 나타낸다.

III. 결론

표 1. 한증 변증 모델 변수 및 계수

	특징	위치	계수(β)
CIE a*	$CV_{2,14}$	20.297	
	$CV_{-3,9}$	-11.393	
	$CV_{-3,13}$	-9.109	
	$CV_{-1,8}$	-1.968	
CIE L*	$CV_{-5,10}$	11.049	
	$CV_{-4,11}$	2.233	
	$CV_{2,9}$	-15.632	
색상과 기하 특성	Bilateral depth difference	$Dpt_Diff\ CV_{(1,-1),15}$	-9.920
		$Dpt_Diff\ CV_{(1,-1),9}$	-4.707
		$Dpt_Diff\ CV_{(1,-1),14}$	4.588
		$Dpt_Diff\ CV_{-1,(12,13)}$	-9.182
	Vertical depth difference	$Dpt_Diff\ CV_{0,(12,13)}$	8.254
		$Dpt_Diff\ CV_{-1,(10,11)}$	5.900
		$Dpt_Diff\ CV_{-1,(14,15)}$	-3.808
		$Dpt_Diff\ CV_{2,(10,11)}$	-2.563
	압력	$CV_{2,4}$	-9.313
		$CV_{2,13}$	8.159
압통 특성	깊이	$CV_{0,12}$	-8.597
		$CV_{2,8}$	8.583
		$CV_{0,14}$	-6.146

과적합을 최소화하면서 한증과 비한증을 구분하기 위해 위의 복부 파라미터를 독립변수로 하고 한증 상태를 종속변수로 하는 2단계 LASSO 로지스틱 회귀 모델을 구축하였다. 절대 상관계수 $|r| \geq 0.90$ 인 변수들 중에서는 대표 변수 1개만을 유지하여 다중공선성을 제거한 후, 10-fold 교차검증(10-fold CV)을 적용한 LASSO 회귀 분석을 두 단계로 수행하였다. 1단계에서는 회귀계수의 절댓값($|\beta|$)이 큰 상위 20개 변수를 표 1과 같이 선별하였으며, 2단계에서는 이를 변수를 대상으로 ROC-AUC 기준에 따라 정규화 강도(λ)를 최적화하여 재학습을 진행하였다. 그 결과, 본 모델은 평균 ROC-AUC 0.78 ± 0.06 을 달성하였으며, 이는 과적합이 최소화된 상태에서 안정적이고 우수한 일반화 예측 성능을 보였음을 의미한다.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by Korea Institute of Oriental Medicine. (Project no.: KSN2512012)

참 고 문 헌

- Wang, C. Eight principles of diagnosis in traditional Chinese medicine, [posted July 22, 2020], <https://www.amcollege.edu/blog/eight-principles-of-diagnosis-in-tcm>
- Joo, J.C. et. al. "Comparison of health status and mibyeong characteristics between cold syndrome and heat syndrome by cold heat syndrome differentiation score," J Korean Med, vol. 39, no. 1, pp. 13-21, 2018.
- Jang, J.S. et. al. "A study on the development of the abdomen diagnosis devices based on traditional Korean medicine," J Korean Inst Commun Inf Sci, vol. 42, no. 07, pp. 1493-1501, 2017.
- Ko, S.J. et. al. "Development of a patient-report pressure algometer for the quantification of abdominal examination," Integr Med Res. vol. 10, no. 4, 2021:100742.
- Friedman, J.H. et. al. "Regularization paths for generalized linear models via coordinate descent," J Stat Softw, vol. 33, no. 1, pp. 1 - 22, 2010.