

# 맥파 모델링을 통한 만성위염 분류 기법

최 상 호\*, 신 기 영\*\*, 신 지 태\*\*\*

## Classification method of chronic gastritis by modeling of pulse signal

Sang-Ho Choi\*, Ki-Young Shin\*\*, and Jitae Shin\*\*\*

### 요 약

한국에서 만성위염은 10명당 한 명 꼴로 발생하는 질병이다. 서양의학에서는 만성위염을 진단하기 위해서 내시경 조사를 하지만 이는 환자에게 고통을 주고 비용이 비싸다는 단점을 가지고 있다. 반면 전통한방의학에 따르면, 오른쪽 손목의 '관' 위치는 위와 관련이 있다. 따라서 오른쪽 손목의 '관' 위치의 맥파를 측정하면 만성 위염을 진단할 수 있을 것이다. 하지만 맥진은 한의사들의 지식과 경험에 의존하고 있다. 본 연구에서는 맥파를 분석하기 위한 체계적인 접근 방법을 제안한다. 처음에 맥파는 전처리 과정을 거친다. 그 다음 맥파에 가우시안 모델을 적용시킨 후, 맥파의 주요 인자들을 추출한다. 그리고 t-검증과 통계적 차이를 이용하여 질병에 민감한 파라미터들을 선택한다. 마지막으로 선택한 파라미터들은 분류를 위해서 Fuzzy C-Means (FCM) 알고리즘에 입력된다. 분류 결과 건강한 사람은 95% 만성위염 환자는 87% 분류하였다.

### Abstract

Chronic gastritis is the disease that is occurring in one in every 10 persons in Korea. In western medicine, endoscopy is needed to diagnose chronic gastritis, but it causes patients a pain and budget of expense. According to the TEM (Traditional Eastern Medicine), on the other hand, the 'Guan' position of the right wrist is related to a stomach. Thus we can diagnosis chronic gastritis by analyzing of pulse signal. However, pulse signal diagnosis is depended on oriental doctor's knowledge and experience. In this study, a systematic approach is proposed to analyze the computerized pulse signal. The pulse signals are firstly pre-processed, Gaussian model is adopted to fit the pulse signal, and then some related parameters are extracted from the model. Consequently, disease-sensitive parameters are selected by T-test and statistical difference. Finally, the selected parameters are entered into a Fuzzy C-Means (FCM) algorithm for classification. Classification results show that healthy persons and chronic gastritis patients are 95% and 87%, respectively.

**Keywords :** Chronic gastritis, Pulse signal diagnosis, Gaussian model, Fuzzy C-Means, Classification

### 1. 서 론

한의학에서 맥진의 의의는 인체의 건강상태를

살피고, 정상인의 평맥(平脈)으로부터 환자의 병맥(病脈)을 분석해내며, 병이 어느 위치에 있고 어떤 특성을 나타내는지 살피는 것이다. 또한 질병의

\* 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과(csh412@skku.edu)

\*\* 교신저자 한국전기연구원(kyshin@keri.re.kr)

\*\*\* 성균관대학교 전기공학부(jtshin@skku.edu)

접수일자 : 2012년 7월 10 일, 수정일자 : 2010년 8월 7일, 심사완료일자 : 2010년 8월 13일

진퇴 여부를 판단하는데도 도움을 준다[1]. 맥진은 한의사가 손가락으로 환자 손목의 요골동맥을 짚어 맥박이 손가락에 닿는 느낌에 근거하여 병세를 감별하는 진찰방법이다[2]. 이러한 맥진은 환자의 질병을 알아내거나 체질을 판별하는 데에 중요한 진찰방법이다. 최근에 많은 연구자들이 맥파 진단에 대해 연구를 하고 있다[3-8]. 하지만 맥진은 한의사들의 지식과 경험에 의하여 정성적으로 행해지는 문제점을 가지고 있다. 따라서 정량적으로 맥파를 측정하고 맥진 방법을 객관화 하고 표준화할 필요가 있다.

맥파 진단을 컴퓨터화할 경우 객관적이고 정량적인 분석을 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 컴퓨터화 된 맥파 진단은 크게 데이터 수집, 파라미터 추출, 패턴 분류 단계로 나눌 수 있다. 본 연구에서 첫번째 단계는 7개의 압력센서로 구성된 센서모듈을 이용하여 맥파를 수집하였고, 전처리 과정을 하였다. 두번째 단계에서는 측정된 맥파 신호들의 특징을 나타내는 파라미터들을 추출하였다. 파라미터들은 가우시안 모델을 맥파에 적용시킨 후 추출하였다. 마지막 단계는 추출된 파라미터들을 비교 분석하여 정상인과 환자간의 차이가 가장 큰 파라미터를 분류기의 입력으로 하였다. 데이터를 두개의 클러스터로 분류하기 위해 Fuzzy C-means(FCM) [9] 을 사용하였다.

한국에서 만성위염은 10명당 한 명 꼴로 발생하는 질병이다. 만성위염은 위선암 발병율을 증가시키기 때문에 빨리 발견을 하고 지속적으로 관리해야 한다[10].서양의학에서는 만성위염을 진단하기 위해서 내시경 조사를 한다. 하지만 이 방법은 환자에게 고통을 주고 조사하는 시간이 많이 걸리며 비용이 비싸다는 단점을 가지고 있다. 반면에 전통한방 의학에서 왼쪽 오른쪽 손목의 ‘촌’, ‘관’, ‘척’ 위치에는 각각 대응하는 기관들이 있다고 한다. 이에 따르면 오른쪽 손목의 ‘관’ 부위는 위와 관련이 있다[11]. 따라서 만성위염을 가진 환자와 정상인의 맥파를 오른쪽 손목의 ‘관’ 부위에서 측정하여 진단 할 수 있다. 맥진을 통하여 만성위염을 진단할 수 있지만 앞서 언급하였듯이 한의사들의 지식과 경험에 의존한다는 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 맥진을 컴퓨터화하여 정상인과 만성위염 환자를 구분할 수 있는 파라미

터를 도출하고, FCM을 이용하여 임의의 맥파를 정상인과 환자 맥파로 분류하고자 한다.

## II. 제안하는 맥파 분석 기법

### 1. 맥파 측정 및 전처리 과정

맥파는 만성위염을 가진 환자 46명 (남자 : 19, 여자 : 27) 과 정상인 46명 (남자 : 15, 여자 : 31) 에게 측정하였다. 피험자의 평균연령은 67.1(±4.6) 이며 피험자의 특징은 표 1과 같다. 한의계에 많이 보급된 맥파 측정 기기인 회수식 맥파 측정 기기의 해석 방식에 따르면 오른쪽 손목 표면 정도 깊이의 ‘관’ 부위는 위와 관련이 있다고 한다. 표 2는 ‘촌’, ‘관’, ‘척’ 부위의 깊이에 따라 대응하는 기관들이다[11].

표 1. 피험자의 특징  
Table 1. The feature of subjects

	정상인			만성위염 환자		
	키	몸무게	나이	키	몸무게	나이
남자	166.6	70.3	67.6	165.7	63.7	69.7
여자	152.1	57.4	66.5	152.9	57.4	65.7

표 2. 오른쪽 손목에서 맥진 부위와 대응하는 기관  
Table 2. The pulse diagnosis positions of the right wrist and their relationship to the organs

Position	Deep	Superficial
촌	폐	대장
관	비장	위
척	심막	삼초

따라서 본 연구에서는 오른쪽 손목의 ‘관’ 부위에 30mmHg 부터 230mmHg 까지 다른 5개의 압력을 순차적으로 가하여 맥파를 측정하였다. 맥파는 각 단계별로 최소 5개 이상의 파형을 얻기 위해서 10초 동안 압력을 가했으며 7개의 압력센서로 구성된 센서모듈로 측정하였다. 본 연구에서는 그림 1. (a) 의 맥파 측정 기기를 사용하여 데이터를 얻었으며 사용된 센서모듈은 그림 1. (b) 와 같다.

맥파 측정 기기를 이용하여 측정된 맥파는 그림 2와 같다. 그림 2에서 x축은 샘플링된 데이터 수, y축은 압력을 의미한다. 7개의 그래프는 각각



그림 1. (a) 맥파 측정 기기 (Mac-01, HuBDIC, Korea), (b) 7개의 압력센서로 구성된 센서 모듈  
 Fig. 1. (a) Pulse-taking device (Mac-01, HuBDIC, Korea), (b) Sensor module consisting of seven pressure sensors  
 7개의 센서에서 측정된 맥파를 나타낸다. 7개의 그래프 중에서 각 단계별로 파형의 형태가 온전하고 단계가 증가할수록 크기가 증가하는 그래프 하나를 선택하였다. 대체적으로 4번째 센서에서 측정된 데이터 파형이 신호 대 잡음비가 가장 좋았다. 그림 1. (b)의 센서모듈에서 4번째 센서는 7개 중 가운데에 있는 압력센서를 가리킨다. 선택한 그래프를 5개의 가압 단계로 나눈 후 각 단계 파형들의 시작점을 일치시키기 위하여 저역통과 필터 처리를 하였다. 필터 처리를 한 후 각 단계별로 5개의 한 주기 파형들을 추출하였다.

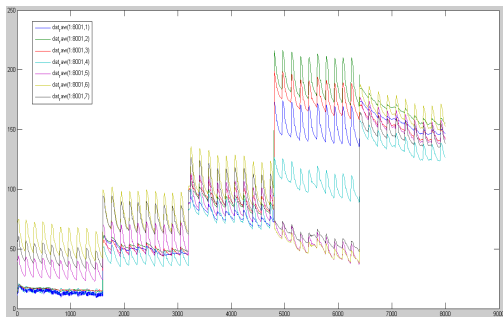


그림 2. 센서모듈에서 측정된 7개의 맥파  
 Fig. 2. The measured seven pulse signal from sensor module

## 2. 파라미터 추출

위의 전처리 과정에서 각 단계별로 필터링을 한 후 5개의 파형을 추출하였다. 정상인과 환자간의 차이점을 비교분석하기 위해서 파형에서 파라미터를 추출해야 한다. 파라미터 추출 방법에는 두 가지가 있다. 첫번째로, 피크점과 밸리점에 대

응하는 시간과 진폭을 추출하는 것이다[3]. 또 다른 하나는 가우시안 모델을 사용하여 파라미터를 추출하는 것이다[13, 14]. 전자의 경우 혈관의 탄성도에 따라 파라미터가 명확하게 추출되지 않는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 파라미터를 추출하기 위해서 가우시안 모델을 사용하였다.

그림 3은 손목에서 측정되는 단순화된 한 주기 맥파 신호이다. 한 주기 맥파는 첫번째 파형과 더 작은 진폭을 가지고 위상이 이동된 두번째 파형이 중첩된 것으로 볼 수 있다. 구별되는 두 개의 파형은 심장의 주기적인 수축과 이완에 의해서 나타난다. 맥파에서 두개의 파형을 추출하는 것이 진단을 할 때 중요한 의미를 갖는다.

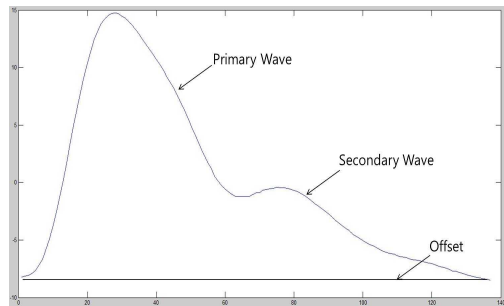


그림 3. 한 주기 맥파 신호의 구성  
 Fig. 3. Illustration of the decomposition of a single-period pulse signal

두 개의 파형은 ‘벨 모양’ 곡선이기 때문에 가우스 함수 두개의 합으로 나타낼 수 있다. 맥파는 식 (1)과 같이 두개의 가우스 함수와 오프셋의 합이다.

$$f(x|A_1, \tau_1, \sigma_1, A_2, \tau_2, \sigma_2) = A_1 e^{-\frac{(x-\tau_1)^2}{\sigma_1^2}} + A_2 e^{-\frac{(x-\tau_2)^2}{\sigma_2^2}} + d \quad (1)$$

$A_1 e^{-\frac{(x-\tau_1)^2}{\sigma_1^2}}$  은 첫 번째 파형을  $A_2 e^{-\frac{(x-\tau_2)^2}{\sigma_2^2}}$  은 두 번째 파형을 나타내며  $d$  는 오프셋이다. 식 (1)은 총7개의 파라미터를 포함하고 있다.  $A_1, A_2$  는 두 개 파형의 진폭을 나타내며,  $\tau_1, \tau_2$  는 두 개

파형의 위상을 나타낸다.  $\sigma_1, \sigma_2$ 는 두 개의 벨 모양 파형에서 폭을 의미하고  $d$ 는 오프셋이다. 그림 4는 한 주기 파형에 가우시안 모델을 적용시킨 것이다.

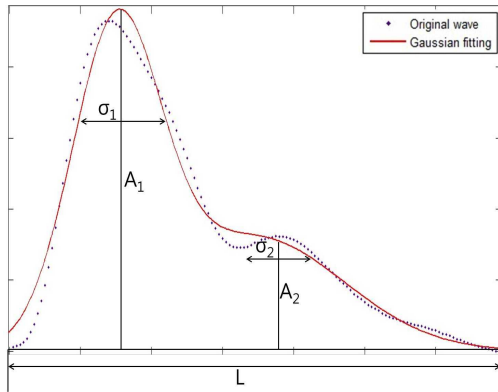


그림 4. 가우시안 모델 파라미터를 적용시킨 한 주기 맥파  
Fig. 4. Gaussian model fitting parameters for a single-period pulse signal

### 3. 파라미터 생성 및 선택

앞서 가우시안 모델을 적용시켜 구한 파라미터 외에도 두 파형간의 파라미터를 조합시켜서 새로운 파라미터를 추출하였다. 일반적으로 두 개 파형간의 상대 값은 더 확실한 정보를 제공한다. 총 7개의 파라미터를 추가하였으며, L은 길이로 한 주기 파형의 시작점에서 끝점까지의 데이터 수를 의미한다. 추가된 파라미터는 표 3에 기술하였다.

표 3. 맥파의 상대 파라미터[13]  
Table 3. Relative parameters of pulse signals[13]

Relative parameters	Parameter value
두 번째 파형 진폭에 대한 첫 번째 파형 진폭의 비율	$A_2/A_1$
두 번째 파형 위상에 대한 첫 번째 파형 위상의 비율	$\tau_2/\tau_1$
두 번째 파형 폭에 대한 첫 번째 파형 폭의 비율	$\sigma_2/\sigma_1$
첫 번째 파형 위상에 대한 한 주기 맥파 길이의 비율	$\tau_1/L$
두 번째 파형 위상에 대한 한 주기 맥파 길이의 비율	$\tau_2/L$
첫 번째 파형 폭에 대한 한 주기 맥파 길이의 비율	$\sigma_1/L$
두 번째 파형 폭에 대한 한 주기 맥파 길이의 비율	$\sigma_2/L$

위와 같은 과정을 거쳐 한 주기 맥파에서는 총 14개의 파라미터를 추출할 수가 있다. 이 파라미터들 중에서 정상인과 만성위염 환자를 구분 지을 수 있는 파라미터를 선택한다. 14개의 파라미터가 두 그룹 간 차이가 있는지를 확인하기 위하여 t-검증을 실시하였으며, 유의 수준을  $p < 0.01$ 로 설정하였다. t-검증 결과 유의미한 파라미터를 선별하여 통계적 차이 (statistical difference) 를 계산한다. 통계적 차이는 기호  $\alpha$ 로 나타내고 식은 (2) 와 같다. 계산 결과 값이 크게 나오는 파라미터들을 분류기의 입력으로 선택한다.

$$\text{statistical difference of } \alpha = \frac{|\{\alpha\}_H - \{\alpha\}_P|}{S_{\{\alpha\}_H, \{\alpha\}_P}} \quad (2)$$

여기서  $\{\alpha\}_H$  와  $\{\alpha\}_P$  는 각각 정상인  $\{\alpha\}_H$  와 환자  $\{\alpha\}_P$  데이터들의 평균값이다.  $S_{\{\alpha\}_H, \{\alpha\}_P}$  에 대한 정의는 다음과 같다:

$$S_{\{\alpha\}_H, \{\alpha\}_P} = \sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}} \quad (3)$$

$S_1^2$  과  $S_2^2$  는 각각 정상인과 환자 파라미터 데이터들의 분산값이며,  $N_1$  과  $N_2$  는 정상인과 환자의 파라미터 데이터 수를 의미한다. t-검증과 통계적 차이를 구하여 정상인과 만성위염을 가진 환자를 구별 할 수 있는 파라미터를 14개 중에서 결정한다.

### 4. FCM 클러스터링

위에서 파라미터를 생성한 후 t-검증과 통계적 차이를 구하여 정상인과 환자를 구분할 수 있는 파라미터를 결정하였다. 선택한 파라미터를 분류기의 입력으로 하여 데이터가 정상인의 것인지 환자의 것인지 분류를 한다. 본 연구에서 분류를 하기 위해서 Fuzzy C-means (FCM) 클러스터링 방법을 사용하였다.

클러스터링은 데이터 간의 유사성을 기초로 하여 몇 개의 그룹으로 분류하는 것을 의미한다. 같은 그룹에 속해 있는 데이터는 유사성이 크고 다른 그룹에 속해 있는 데이터는 유사성이 작다[14]. 퍼지 클러스터링 알고리즘에는 Gustafson-Kessel,

Gath-Geva 등이 있지만 FCM이 가장 널리 쓰이는 방법이다[15,16]. FCM은 멤버십 함수를 사용한다. 멤버십 함수는 데이터가 클러스터에 속하는 정도를 알려주는 함수이다. 본 연구에서는 FCM을 이용하여 정상인과 환자 데이터를 섞어서 두 개의 클러스터로 분류하는 작업을 하였다.

### III. 실험 결과

정상인 46명과 만성위염 환자 46명의 맥파 신호들은 맥파 측정 기기로 측정하였다. 전처리 과정을 거친 후 가우시안 모델을 적용시켜 파라미터를 추출하였다. 실험 결과 5단계 압력에서는 맥파 신호가 온전하지 않아서 파라미터들이 추출되지 않았다. 따라서 1~4단계의 맥파 신호에서만 파라미터들을 추출하였다. 각 단계별 정상인과 환자의 파라미터 평균값은 표 4와 같다.

표 5와 6은 t-검증 결과와 통계적 차이 값들이다. 유의수준을 0.01로 하였을 때 각 단계별 정상인과 환자간의 유의미한 차이가 있는 파라미터는 다음과 같다.

- 1단계 :  $A_1, A_2$
- 2단계 :  $\tau_2/L$
- 3단계 :  $A_1$
- 4단계 :  $A_1, \tau_1, \tau_1/L$

표 4. 정상인과 만성위염 환자에게 가우시안 모델을 적용시켜 추출한 파라미터  
Table 4. Gaussian model fitting parameters for a healthy person (Normal) and chronic gastritis patient (Patient)

		$A_1$	$\tau_1$	$\sigma_1$	$A_2$	$\tau_2$	$\sigma_2$	$L$
1단계	Normal	7.5	36.7	23.6	4.2	72.6	48.6	167
	Patient	13.9	37.9	24.2	7.6	73.9	49.5	172
2단계	Normal	18.9	34.7	22.2	10.7	72.5	47.3	166
	Patient	20.6	37.8	24.2	12.7	70.6	46.2	171
3단계	Normal	24.1	39.3	24.9	15.8	65.9	41.2	166
	Patient	20.6	38.8	23.6	14.1	63.5	40.5	168
4단계	Normal	19.9	33.1	19.4	11.5	59.3	37.2	158
	Patient	15.1	38.8	23.6	10.6	61.9	38.3	159

표 5. 기본 파라미터에 대한 두 그룹의 통계적 차이

Table 5. The statistical difference of basic parameters for the two groups

	$A_1$	$\tau_1$	$\sigma_1$	$A_2$	$\tau_2$	$\sigma_2$	$L$
1단계	7.95*	0.92	0.63	8.55*	1.06	0.82	2.00
2단계	1.87	2.61	2.40	2.14	1.42	0.87	2.03
3단계	3.73*	0.26	1.11	1.24	1.46	0.61	0.94
4단계	4.41*	3.78*	2.42	1.15	1.37	0.75	0.26

\*p<0.01

표 6. 비율 파라미터에 대한 두 그룹의 통계적 차이  
Table 6. The statistical difference of ratio parameters for the two groups

	$A_2/A_1$	$\tau_2/\tau_1$	$\sigma_2/\sigma_1$	$\tau_1/L$	$\tau_2/L$	$\sigma_1/L$	$\sigma_2/L$
1단계	0.97	0.48	0.18	0.03	0.48	0.20	0.35
2단계	1.96	2.63	0.95	1.68	2.59*	1.48	1.94
3단계	0.38	0.75	1.47	0.24	1.75	1.36	1.18
4단계	1.97	0.14	0.90	3.99*	0.87	2.11	0.23

\*p<0.01

t-검증을 하였을 때 p 값이 0.01 보다 작게 나온 파라미터는 총 7개이다. 표 5와 6을 보면 통계적 차이 결과 7개의 파라미터들은 각 단계에서 첫 번째, 두 번째, 혹은 세 번째로 가장 크게 나왔다. 즉 다른 파라미터에 비해서 위의 7개 파라미터들은 정상인과 환자 데이터간의 차이가 있음을 의미한다.

통계적인 과정을 거쳐 정상인과 환자 데이터간의 유의미한 차이가 있는 파라미터는 총 7개가 나왔다. 7개의 파라미터 중 2개를 FCM의 X축, Y축 입력으로 하여 클러스터링을 하고 정상인과 환자 데이터를 분류 하였다. FCM 클러스터링을 하면 그림 5와 같다. 파라미터를 2개씩 짝지을 경우 총 21가지 경우의 수가 나오는데 분류율은 표 7과 같다. 그 중에서 (1단계- $A_1$ , 4단계- $\tau_1$ ), (1단계- $A_2$ , 4단계- $\tau_1$ ), (1단계- $\tau_2/L$ , 4단계- $\tau_1$ ), (4단계- $\tau_1$ , 4단계- $\tau_1/L$ ) 4가지 경우에서 분류율이 가장 크게 나왔다. 정상인은 95%, 만성위염을 가진 환자는 87% 분류가 되었다.

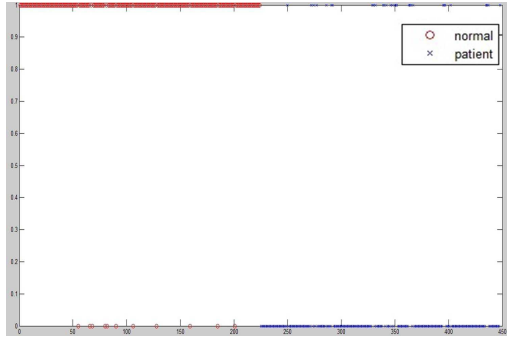


그림 5. 정상인과 만성위염 환자 FCM 클러스터링  
Fig. 5. FCM clustering of a healthy person and chronic gastritis patient

표 7. 정상인과 만성위염 환자 FCM 분류 결과  
Table 7. Classification result of a healthy person (Normal) and chronic gastritis patient (Patient) using FCM

Parameters	Normal	Patient
1단계- $A_1$ ,1단계- $A_2$	95.09	70.98
1단계- $A_1$ ,2단계- $\tau_2/L$	95.54	70.09
1단계- $A_1$ ,3단계- $A_1$	50.89	56.70
1단계- $A_1$ ,4단계- $A_1$	63.39	80.36
1단계- $A_1$ ,4단계- $\tau_1$	<b>95.09</b>	<b>86.61</b>
1단계- $A_1$ ,4단계- $\tau_1/L$	95.54	70.09
1단계- $A_2$ ,2단계- $\tau_2/L$	93.75	66.96
1단계- $A_2$ ,3단계- $A_1$	48.66	59.38
1단계- $A_2$ ,4단계- $A_1$	63.84	82.14
1단계- $A_2$ ,4단계- $\tau_1$	<b>95.09</b>	<b>87.50</b>
1단계- $A_2$ ,4단계- $\tau_1/L$	93.75	66.96
2단계- $\tau_2/L$ ,3단계- $A_1$	48.66	58.93
2단계- $\tau_2/L$ ,4단계- $A_1$	63.84	82.59
2단계- $\tau_2/L$ ,4단계- $\tau_1$	<b>95.09</b>	<b>87.50</b>
2단계- $\tau_2/L$ ,4단계- $\tau_1/L$	93.30	81.70
3단계- $A_1$ ,4단계- $A_1$	58.04	77.68
3단계- $A_1$ ,4단계- $\tau_1$	94.64	86.16
3단계- $A_1$ ,4단계- $\tau_1/L$	48.66	58.93
4단계- $A_1$ ,4단계- $\tau_1$	54.02	59.82
4단계- $A_1$ ,4단계- $\tau_1/L$	63.84	82.59
4단계- $\tau_1$ ,4단계- $\tau_1/L$	<b>95.09</b>	<b>87.50</b>

#### IV. 결론

전통 한방 의학에서 맥진은 병의 위치와 특성을 살피며 질병의 진퇴 여부를 살피는데 도움을 준다. 특히 오른쪽 손목의 '관' 부위에서 위염을 진단 할 수가 있다. 하지만 진맥의 경우 한의사들의 지식과 경험에 의존하여 정성적으로 행해졌다. 본

연구에서는 맥진을 객관화하기 위하여 정상인과 환자를 분류할 수 있는 파라미터 추출을 컴퓨터화 하였다. 정상인과 만성위염을 가진 환자 각각 46명의 맥파가 측정되었다. 각각의 맥파들은 전처리과정을 거친 후 단계별로 한 주기 신호를 추출하였다. 가우시안 모델을 한 주기 신호에 적용시켜 기본 7개의 파라미터를 추출하였고 이것을 조합하여 새로운 7개 파라미터를 생성하였다. 총 14개의 파라미터 중에서 t-검증과 통계적 차이를 계산하여 정상인과 환자를 구분 할 수 있는 파라미터를 선택하였다. 선택한 파라미터를 2개씩 짝지은 다음 FCM 클러스터링을 하여 정상인과 환자 데이터를 분류하였다. 그 결과 (1단계- $A_1$ , 4단계- $\tau_1$ ), (1단계- $A_2$ , 4단계- $\tau_1$ ), (1단계- $\tau_2/L$ , 4단계- $\tau_1$ ), (4단계- $\tau_1$ , 4단계- $\tau_1/L$ ) 4가지 파라미터 조합에서 정상인은 95%, 환자는 87% 분류가 되었다.

본 연구에서는 만성위염이 없는 사람과 통계적으로 유의한 차이를 보이는 7개의 파라미터 중 2개씩 짝지어 FCM을 이용하여 만성위염 환자를 분류하였다. 추후에는 2개의 파라미터가 아닌 다중 파라미터를 이용하여 만성위염 환자를 분류하고자 한다.

#### 참고 문헌

- [1] Y.G. Lee, Diagnostics Atlas III, Seoul, South Korea: CHUNG DAM, pp.11-14, 2003.
- [2] B. Flaws, The Secret of Chinese Pulse Diagnosis, Boulder, CO: BLUE POPPY PRESS, pp. 4-8, 1995.
- [3] H. L. Lee, S. Suzuki, Y. Adachi, M. Umeno and Shan K, "Fuzzy Theory in Traditional Chinese Pulse Diagnosis," Proceeding of International Joint Conference on Neural Networks, pp. 774-777, Nagoya, Japan, Oct. 1993.
- [4] Y. Z. Yoon, M. H. Lee and K. S. Soh, "Pulse Type Classification by Varying Contact Pressure," IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, vol. 19, pp.106-110, Nov/Dec. 2000.

- [5] B. H. Wand, X. J. Lin, "Detecting system and power-spectral analysis of pulse signals of human body," Fourth International Conference on Signal Processing, pp. 1646-1649, Beijing, China, Oct. 1998.
- [6] S. E. Fu, S. P. Lai, "A system for pulse measurement and analysis of Chinese medicine," Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 1695-1696, Seattle, WA, USA, Nov. 1989.
- [7] Lisheng Xu, Max Q.-H. Meng, Kuanquan Wang, Wang Lu, Naimin Li, "Pulse images recognition using fuzzy neural network," Expert Systems with Applications, vol. 36, pp. 3805-3811, March 2009.
- [8] Yan Haixia, Wang Yiqin, Liu Zhaorong, Guo Rui, Li Fufeng, Run Fengying, Hong Yujian, "Feature Extraction for Pulse Waveform in Traditional Chinese Medicine by Hemodynamic Analysis," IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, pp. 234-238, Washington, D.C, USA, Nov. 2009.
- [9] Wang X, Wang Y, Wang L, "Improving fuzzy c-means clustering based on feature weight learning," Pattern Recognition Letters 25, pp. 1123-1132, July 2004.
- [10] Y. Zavros, K. A. Eaton, W. Kang, S. Rathinavelu, V. Katukuri, J. Y. Kao, L. C. Samuelson, J. L. Merchant, "Chronic gastritis in the hypochlorhydric gastrin-deficient mouse progresses to adenocarcinoma," Oncogene, vol. 24, pp. 2354-2366, March 2005.
- [11] S. Walsh, E. King, Pulse diagnosis: a clinical guide, Elsevier Health Sciences, 2007.
- [12] J. J. Shu, Y. Sun, "Developing classification indices for Chinese pulse diagnosis," Complementary therapies in medicine, vol. 15, pp.190-198, Sept. 2007.
- [13] Y. Chen, L. Zhang, D. Zhang, D. Zhang, "Wrist pulse signal diagnosis using modified Gaussian models and fuzzy c-means classification," Medical engineering & physics, vol. 31, pp. 1283-1289, Dec. 2009.
- [14] Bezdek JC. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms, New York: Plenum Press; 1981.
- [15] Wang X, Wang Y, Wang L, "Improving fuzzy c-means clustering based on feature weight learning," Pattern Recognition Letters 25, pp. 1123-1132, July 2004.
- [16] Frank Hoppner, Frank Klawonn, Rudolf Kruse, Thomas Runkler, Fuzzy Cluster Analysis, Wiley, 1999.

---

저자약력

---

**최 상 호(Sang-ho Choi)**

**비회원**



2009-2012년 성균관대학교  
학사

<관심분야> 의용전기전자, 한방의료기기

**신 기 영(Ki-Young Shin)**

**중신회원**



1998-2004년 성균관대학교  
바이오메카트로닉스 졸업  
2004-2006년 성균관대학교  
생명공학부 석사  
2006-2011년 성균관대학교  
의공학 박사  
2011-현재 한국전기연구원  
첨단의료기기연구센터

<관심분야> 의용전기전자, 의료영상처리, 한방의료  
기기, 디지털 신호

**신 지 태(Ji-tae Shin)**

**비회원**



1982-1986년 서울대학교  
전자과 졸업  
1987-1988년 KAIST  
핵공학과 석사  
1989-2001년 University of  
Southern California  
전자공학 박사  
2002-현재 성균관대학교  
전기전자공학과 교수

<관심분야> 의용전기전자, 무선통신, 디지털 영상  
처리, 비디오스트리밍