퍼지 규칙기반 간 기능 검사 해석 시스템의 개발

○ 김 종원*, 오 경환**
* 충북대학교 의과대학 임상병리학 교실
**서강대학교 전자계산학과

Development of Fuzzy Rule-based Liver Function Test Diagnosis System

Jong-Won Kim*, Kyung Whan Oh**
* Dept of Clinical Pathology, Chungbuk National University
** Dept of Computer Science, Sogang University

Abstract

Liver function test is one of the most common tests for diagnosis and follow-up of patients and for health screening. Automatic interpretation and suggestions on the diagnostic possibilities contribute to shorten the interpretation time of the test results and help to provide qualified health care. Fuzzy logic has been recently introduced and being spread for these purposes. The present study aims at modeling the fuzzy rule-based laboratory diagnosis system. The fuzzy rule-based laboratory diagnosis system was applied to the diagnosis regarding liver function test. The system was evaluated by comparing with the stepwise multivariate discriminant function analysis, which showed similar results, and the overall accuracy of the fuzzy diagnosis system was about 80%.

1. 서론

간 기능검사는 건강 진단및 환자들에게 가장 흔히 시행되는 검사종목이다. 또한 한국의 간 질환은 외국에 비해 매우 높은것으로 보고 되고 있다. 간 기능 검사는 간 기능에 관계된 여러 종목들의 조합으로서 적절한 검사 결과의 해석은 전문가의 노고와 시간을 요하는 것이다. 그러나 현재로서는 건강진단인 경우는 대량의 결과를 처리해야 하고, 환자의 경우는 8개 검사 종목이상의 많은 검사를 하게 되므로 현재로서는 해석이 되지않고 간기능 검사가 단순히 검사결과치만이 보고되고 있다.

간 기능 검사는 그자체로서는 간 질환의 최종 확인 진단 검사가 아니고, 간의 기능을 평가해 주는 검사로서 다른 확인 진단 검사를 하기 전에 수행이 된다[1,2]. 그런데 간 질환의 확인 진단 검사는 각 간 질환마다 다르며, 또한 이들 검사의 시행은 환자에 대한 위험을 크게 하거나, 검사 비용이 많이 들고, 또한 검사 시행에서 결과의 판정까지 오랜 시간을 필요로 한다. 그러므로 간 기능 검사 자체는 간 질환의 확인 진단을 해주는 수단은 아니지만, 이 검사의 해석도를 최대한 증가시켜, 그 결과에 대한 해석이 전문가의 간 기능 검사에 대한 빠른 파악및 환자에 대한 다음 진단및 평가를 위한 검사 선택에 효과적인 보조 수단이 될 수 있다.

간 기능 검사의 해석시스템은 흔히 다변량 판별함수(multivariate discriminant analysis)를 이용하여 개발되어 왔으며, 보고에 따라 60- 83%의 적중율을 보이고 있다[1,3,4].

또하나의 흐름으로서 인공지능의 전문가시스템을 이용한 진단 방법이 개발되고 있다. 이러한 시스템의 대표적인 것으로서는 MYCIN, INTERNIST 등이 있으며, Certainty factor 등을 이용하고 있다[5]. 그러나, 이러한 시스템은 문제의 해결에 한계를 보이고 있게 됨에 따라, 최근에는 그 해결방법으로 퍼지집합이론과 신경망이론을 이용한 진단방법들이 보고되고 있다. 퍼지집합이론은 의료진단뿐만 아니라, 제어, 의사결정, 화상처리 등 여러 방면에서 이용되고 있다[6]. 의료진단에서 퍼지 집합 이론은 Addlassnig 등[7]이 개발한 CADIAG-2가 대표적인 것으로, 질병 전반에 대한 진단시스템이다. CADIAG-2는 질병전반에 대한 것으로 검사실의 검사 결과만을 전문으로 다루는 시스템은 아니다. 검사 결과를 해석하는 퍼지 진단시스템으로서 Sanchez 등[8]이 Biological inflammatory syndrome에 대해서 검사결과의 판독 방법을 보고하였다.

검사실의 전용시스템은 현실 여건상, 환자의 성별, 연령, 의뢰의사 등을 제외하고는 다른 정보를 얻기가 힘들다. 또한 검사종목의 결과치는 자동분석기로부터 나오게 되는 데, 이 경우 자동분석기에서 검사 결과를 컴퓨터로 직접 전송을 하여 판독할 수 있으므로, 실제 시스템의 운영으로 인한 효과는 크다. 이런 측면에서 Weiss 등[9]이 개발한 혈청 단백 전기 영동 패턴의 해석시스템은 실제 검사기기 자체에 설치가 되어 판매되는 등 효과가 크다.

퍼지 집합이론을 이용하는 것은 보다 인간의 사고에 가깝기때문에 의료 진단에 있어서 커다란 토움을 줄수 있다. 간기능 검사에 관한 퍼지집합이론은 Takahashi 등[10]이 현재 계속 진행중에 있는 진단 시스템이 있으나, 이것은 간 기능의 정상, 비정상 수준을 평가하는 것이고, 또한 환자의 병명이나, 다른 이학적 소견이 첨부되어야 한다. 그러나, 실제로 성별이나, 연령, 의뢰의사 이상의 정보를 사용하지 않고, 검사실의 검사 결과를 가지고서, 검사실에서 운영할 수 있는 진단시스템이 하루에도 수백건의 간기능 검사를 하는 검사실의 처지에서는 매우 필요하다. 왜냐하면, 환자의 모든 정보를 종합적으로 이용하는 진단 시스템이란, 현실적으로 환자 정보의 엄청난 양때문에 현실적으로 입력이 매우 어렵다. 반면, 검사실의 검사 결과만을 가지고서 진단 시스템을 구축하는 것은 검사결과를 직접 검사기기와 컴퓨터를 연결하여 전송받을 수 있고, 환자 1인에게 시행되는 검사 종목은 날로 증가하므로 검사 정보에 기반한 시스템이 진단에 효율을 높일 수가 있다. 최근에 건강 검진을 중심으로 한 검사결과 진단시스템의 연구가 시작되고 있으나, 아직 그 연구가 확립된 단계는 아니다.[11]

현재 보고된 퍼지 규칙 기반 시스템은 검사실의 검사 결과 에 대한 실제운영을 위해서는 실제 방법론으로서는 적합하지 않다. 그러므로 본 연구는 검사결과의 판독을 위한 퍼지 규칙의 방법을 모형화하고, 이 모형에 따라 간기능 검사 결과에 대한 적용을 하여 이를 평가하고자 한다.

2. 검사 퍼지 진단 시스템의 모형

2.1 용어의 정의

본 연구에서 만든 방법에서 미리 설명및 정의를 해야할 것은 검사 확신도 (Test certainty), 검사 중요도 (Test importance), 보정 검사 중요도 (Adjusted test importance), 질병 확신도 (Disease certainty)이다.

검사 확신도(Test certainty)는 한 검사 종목의 결과치에서 그 결과치가 특정질병에 대해 확신 정도이다. 이것은 0과 1사이의 값을 갖는 퍼지 값이다. 이것은 검사 결과치들의 확률분포함수와는 다르다. 즉 확률적으로는 그 빈도가 낮아도, 그 값이 나올때는 검사확신도는 높다. 또한 특정 질병에서 흔히 나타나는 검사 결과치들의 범위라고 하더라도, 판독자의 경험적 지식에서 그 검사치가 그 질환이라는 가능성이 높은 것을 뒤받침해주지 않는다면, 이때 검사확신도는 낮다.

검사 중요도(Test importance)는 특정 검사종목이 특정 질병의 진단에 대한 중요성의 정도이다. 검사 중요도는 0과 1사이의 값을 갖는 퍼지 값이다. 만약 검사 종목이 질병의 진단에 전혀 의미가 없을 때에는 0이고, 절대적으로 중요한 의미를 갖는 것은 1이다. 예를 들면, 같은 간 질환이라고 하더라도, 간 질환들사이에서 진단의 가능성을 높여주는 검사종목은 간 질환마다 서로 다르기때문이다. 이것도 역시, 그 주어진 환경에서 그 판독자의 경험적인 중요도를 근간으로 한다.

보정 검사 중요도(Adjusted test importance)는 n개의 검사를 시행하였을 때, n개의 검사에 대한 검사의 중요도를 모두 합한 것에 대한 개개 검사의 중요도이다. 즉 시행된 n개 검사의 결과치를 판독하게 될 때, 진단의 가능성도 그 n개의 검사결과가 전부이다. 그러므로 이들로부터, 진단 가능성은 그 중요도의 합이 1이 되는 것이 타당하다. 즉 검사 결과의 판독자는 주어진 n개의 검사 결과마눙로 진단가능성을 생각해 주므로, n개 검사결과 종목의 중요도의 합이 1인것은 경험적으로 타당하다.

질병확신도 (Disease certainty)는 검사확신도와 보정 검사중요도 의 곱을 합한 것이 된다. 이것이 1에 가까우면, 그 질환의 가능성이 많다는 것이고, 0에 가까우면, 그 질환이 아니라는 것이다.

2.2 검사 퍼지 진단시스템 모형의 수식

환자의 검체에서 검사된 검사 L 의 종류가 n 종목이라면,

$$L_{patient} = \{ L_1, L_2, L_3, \ldots\ldots\ldots, L_n \}$$

로 표현할 수 있다.

환자에서 측정된 검사로부터 고려될 수 있는 질환 D의 종류가 m개 있다면,

$$D_{patient} = \{ D_1, D_2, D_3, \ldots\ldots\ldots, D_m \}$$

로 표현할 수 있다.

환자의 i 번째 검사종목의 검사결과치, L_i에 대하여, 환자 P 가 j 번째 질환,D_j에 대해 속하는 검사확신도를 X_{ij}로 표현하면,

$$X_{ij} = \text{Certainty}[P \in D_j \mid L_i]$$ 이다.

j 번째 질환에서 i 번째 검사 종목의 중요도를 W_{ij} 라 하면, 각 검사 종목의 검사중요도, W_{ij} 는 검사 결과 판독자의 경험에 따라 언어의 표현을 표 1과 같은 수치로 정한다.

j 번째 질환에서 n개의 검사를 하였을 때, n개 검사의 각 중요도의 합에 대하여 i 번째 검사 종목의 보정 검사 중요도 W'_{ij} 는

$$W'_{ij} = W_{ij} / \sum_{j=1}^{m} W_{ij}$$ 로 할 때,

$$\sum_{j=1}^{m} W'_{ij} = 1$$ 을 만족한다.

언어적인 표현	퍼지값
always essential	0.99
somewhat essential	0.90
important	0.75
somewhat important	0.5
not important	0.25
somewhat meaningless	0.1
almost meaningless	0.01

표 1. 검사중요도의 언어 표현에 대한 퍼지 값의 결정

이것은 퍼지집합의 convex function을 이용한 것이다[12]. n개의 검사결과치 $L_{patient}$로부터 j 번째 질환 D_j 에 대한 질병확신도 d_j는

$$d_j = \sum_{i=1}^{n} X_{ij} W'_{ij}$$ 이다.

환자에서 고려되는 각 질병 확신도 $d_j (j=1,2,\ldots m)$에서 가장 최고치를 보이는 질환이 진단 질환이 되므로, 진단 질환, D_k는

$$D_k = \max \{ d_1, d_2, d_3, \ldots\ldots \ldots, d_m \}$$

로 표현된다.

이때, 질병확신도가 0.5이상이면, 이것은 그 질환일 가능성이 그 질환이 아닌 것보다 더 높으므로 이때는 그 질환이 진단질환이 아니더라도, 0.5이상인 질환에 대해서는 향후 검사의 선택이나, 치료 방침의 선택에 있어 고려의 대상이 되어야 한다. 질병확신도의 수치에 따라 표 2에서 정한 기준으로 언어 표현을 한다. 간 기능 검사에서 그 결과의 판독은 진단질환을 추정하는 것이 가장 중요하겠으나, 이 검사는 기본적으로 확진 검사가 아니고, 환자가 간에 대한 이상이 있다고 생각될 때, 가장 먼저 시행되는 검사이다. 그러므로 간 기능 검사에서 상호 배타적(mutual exclusive)인 진단이 꼭 필요한 것은 아니다. 그러므로 이경우에는 가능성이 있는 질환에 대해서는 모두 언급을 해주는 것이 타당하다. 그러나, 만약 진단질환과 경쟁하는 가능질환의 차이가 클 경우에는 경쟁하는 질환군이 0.5를 넘는다고 하더라도 이를 언급을 할 필요는 없다. 즉, 진단질환과 경쟁하는 질환의 질병확신도에서 일정 기준이상의 차이가 있을 경우에는, 경쟁 질환도 그 가능성은 충분하겠으나, 판독자의 고려대상에서는 일단 제외해도 좋다고 생각된다. 이때, 진단질환과 경쟁 질환의 차이의 기준을 정하는 것은 퍼지 진단시스템의 운영에 따른 경험적인 지식이 필요하리라고 생각된다. 현재로는 일반적인 통계 기준에 따라 0.05의 차이이내이면, 경쟁 질환도 진단질환과 함께 언급해 주는 것이 좋다고 생각된다.

질병 확신도	언어 표현
1.0	Disease X is definite.
0.9 - 0.99	Disease X is highly suggested
0.75 - 0.9	Disease X is suggested.
0.6 - 0.75	Disease X is suspicious.
0.5 - 0.6	Disease X is likely.
0.4 - 0.5	Disease X is probable.
0.25 - 0.4	Disease X is not likely.
0.1 - 0.25	Disease X is not possible.
0.01 - 0.1	Diseaes X is excluded.
0.0	Disease X is never.

표 2. 질병확신도의 언어적 표현

3. 검사 퍼지시스템 모형 평가 대상및 평가 방법

3.1 평가 대상

Plomteux [4]가 연구 대상으로 삼았던 환자 218명의 검사 결과치를 Harris [13] 가 인용한 것을 대상으로 하였다. 이 자료는 급성 바이러스성 간염 (Acute Viral Hepatitis: 이하 AVH)(57명), 만성 지속성 간염(Chronic Persistent Hepatitis: 이하 CPH)(44명), 만성 활동성 간염(Chronic Active Hepatitis: 이하 CAH)(40명), 간 경변(Liver Cirrhosis: 이하 LC)(77명) 네 군의 환자에 대한 alanine aminotransfease (이하 ALT), aspartate aminotransferase (이하 AST), glutamate dehydrogenase (이하 GDH), ornithine carbamyltransferase (이하 OCT) 등 네 종목의 간 기능 검사 종목에 대한 검사 결과치를 갖고 있다.

3.2 평가 방법

3.2.1 검사 퍼지 진단 시스템 모형의 적용

간 기능 검사종목은 4개이나, 이들중 ALT/AST ratio, GDH x 10 / ALT ratio가 간 질환의 감별에 도움을 준다는 사실이 알려져 있으므로[2], 이들의 비를 역시 구하여 이들을 검사 종목으로 추가하여 검사 종목은 6개가 된다. 그러므로 환자의 검체에서 검사된 검사는 $L_{patient}$= {AST, ALT, GDH, OCT, ALT/AST, GDHx10/ALT}으로 표현된다.

환자에서 측정된 검사로부터 고려되는 질환은, $D_{patient}$= {AVH, CPH, CAH, LC} 이다.

환자의 i 번째 검사종목의 검사결과치, L_i에 대하여, 환자 P 가 j 번째 질환, D_j 에 대해 속하는 검사확신도, X_{ij}는 판독자의 경험에 따라 Fig 1.의 membership function으로 나타낸다. 일반적인 퍼지 진단시스템에서는 검사 결과치의 membership function은 normal, increased, highly increased, decreased, highly decreased[7] 혹은 normal, slightly increased, increased, very increased, decreased, very decreased [8] 등의 표현을 이용하여 membership function을 정한다. 그러나, 이것은 검사결과에 대한 정보를 너무나, 단순화시키는 것으로서, 검사결과에서 검사결과치에 따른 질환의 확신도는 바로 각각의 검사결과치로부터 정해야지, 그것을 정상치와 검사결과치의 비율을 이용하는 등의 방법[8]은 실제 검사결과의 판독에서 사용에서도 덜 효과적이다. 그러므로 검사결과만으로 판독하는 진단시스템에서는 'Test y in disease x is increased.'라는 규칙의 표현보다는 실제 Test y에서 전 구간에 걸친 해당질환의 확신도를 표현하는 것이 더 정확하다. 이것은 서로 다른 질환에서 어떤 검사치가 정상참고치의 5배와 10배로 각각 증가될때, 이는 모두 very increased 나, highly increased로 표현되기때문에 이때, 두 질환을 감별할 수 있는 정보가 소실된다. 그러므로, 이러한 membership function 보다는 검사치 자체를 가지고서 검사치의 membership function을 정하는 것이 타당하다.

각 검사 종목에 대한 각 질환에서 검사중요도 (test importance)의 규칙 표현은 표 3과 같다.

AST is important for the diagnosis of AVH.
AST is somewhat important for the diagnosis of CPH.
AST is somewhat important for the diagnosis of CAH.
AST is important for the diagnosis of LC.
ALT is always essential for the diagnosis of AVH.
ALT is somewhat important for the diagnosis of CPH.
ALT is somewhat important for the diagnosis of CAH.
ALT is always essential for the diagnosis of LC.

표3. 간 기능 검사의 검사 중요도에 대한 규칙

i 번째 검사 종목의 j 번째 질환의 검사 중요도, W_{ij}를 퍼지 값으로 나타내면, 표 4와 같다.

W_{ij}	AVH	CPH	CAH	LC
AST	0.75	0.50	0.50	0.75
ALT	0.99	0.50	0.50	0.99
GDH	0.10	0.50	0.99	0.50
OCT	0.01	0.50	0.99	0.50
ALT/AST	0.90	0.90	0.75	0.99
GDHx10/ALT	0.75	0.50	0.25	0.50

표 4. 간 기능 검사에서 각 검사 중요도의 퍼지값

그러므로 보정 검사 중요도 W'_{ij} 는 표 5와 같다.

예를 들어 환자의 검사치가 AST=236 U/L, ALT=582 U/L, GDH=10 U/L, OCT=457 U/L 이면, ALT/AST= 2.47, GDHx10/ALT=0.17 이다. 각 검사 종목의 검사 확신도는 Fig 1.의 membership function에 따라, 다음과 같다.

		검사 확신도			
X_{ij}	검사치	AVH	CPH	CAH	LC
AST	236	0.95	0.01	0.05	0.01
ALT	582	0.90	0.10	0.30	0.01
GDH	10	0.90	0.90	0.60	0.90
OCT	457	0.67	0.01	0.95	0.59
ALT/AST	2.47	0.95	0.24	0.05	0.01
GDHx10/ALT	0.17	0.90	0.30	0.22	0.00

W'_{ij}	AVH	CPH	CAH	LC
AST	0.21	0.15	0.13	0.18
ALT	0.28	0.15	0.13	0.22
GDH	0.03	0.15	0.26	0.12
OCT	0.00	0.15	0.20	0.12
ALT/AST	0.26	0.26	0.20	0.24
GDHx10/ALT	0.21	0.15	0.07	0.12

표 5. 간 기능 검사에서 각 보정 검사 중요도의 퍼지값

AVH의 질병확신도, d는

$$d_{AVH} = \sum_{i=1}^{n} X_{iAVH} W'_{iAVH}$$

$$= 0.95 \times 0.21 + 0.90 \times 0.28 + 0.90 \times 0.03 + 0.67 \times 0.00 + 0.95 \times 0.26 + 0.90 \times 0.21$$

$$= 0.92$$

CPH, CAH, LC에 대해서도 같은 계산을 하면,

$d_{CPH} = 0.26$

$d_{CAH} = 0.42$

$d_{LC} = 0.19$

진단 질환 D = max (d_{AVH}, d_{CPH}, d_{CAH}, d_{LC}) 에서 d_{AVH}가 최대값을 보이므로, 진단 질환은 AVH가 된다.

3.2.2 다변량 판별함수의 적용

비교 평가를 위하여 SPSS/PC+ (USA) version 3.1을 이용하여 Plomteux[4]가 한 방법에 따라 stepwise discriminant analysis를 시행하였다. 각 검사결과치를 정규분포로 만들기 위해 로그변환을 하고, stepwise discriminant analysis를 하였다.

시행은 218명 전체를 대상으로 판별함수식을 결정하고, 다시 같은 218명에 대해 적용하였을 때, 진단적중율을 구하였다. 또 218명을 임의로 109명씩 나누어 한 군으로 부터 판별함수식을 결정한 후, 다른 군에 대해 진단 적중율을 구하였다.

4. 결과및 평가

4.1 검사 퍼지 진단 시스템의 수행 결과

4.1.1 검사 퍼지 진단 시스템의 진단질환 성적

218명의 검사 결과에 대하여 검사 퍼지 진단시스템을 적용한 결과는 표 7 과 같다.

퍼지 진단에 의한 질환군	실제 진단된 질환군			
	AVH	CPH	CAH	LC
AVH	56	5	3	0
CPH	1	36	1	0
CAH	0	0	27	18
LC	0	3	9	59
전체	57	44	40	77
적중율	98%	82%	68%	77%
전체 적중율	178/218 = 81.7%			

표 6. 검사 퍼지 진단 시스템의 진단질환 성적

시험 성적은 AVH, CPH에서 각각 98%, 82%의 좋은 적중율을 거두고 있으나, CAH, LC를 정확히 진단하지 못하였고, CAH와 LC는 서로 바꾸어 진단한 경우가 많았다. 이것은 실제로 임상적으로도 CAH 즉 만성 활동성 간염과 LC 즉 간 경변은 간 기능 검사이외에 간 조직 생검, 초음파검사, 내시경 검사를 추가해서도 서로 잘 감별이 되지 않는다. 그러므로 간기능 검사만으로 진단의 적중율이 높지않은 것은 당연한 결과라고 해석할 수 있다. 전체적으로는 81.7%로서 간 기능검사로서는 좋은 적중율을 나타내고 있다.

4.1.2 검사 퍼지 진단시스템의 질병확신도가 일정 기준치 이상의 결과

퍼지 진단에 의한 질환군	실제 진단된 질환군				합
	AVH	CPH	CAH	LC	
AVH	56(98%)	7	5	0	68
CPH	1	37(84%)	1	0	39
CAH	1	3	30(75%)	21	55
LC	0	6	13	65(84%)	84
합	58	53	59	86	246

표 7. 진단질환과 경쟁질환을 포함한 성적

진단질환외에도 질병확신도가 0.5이상이면서, 경쟁하는 질환이 질병확신도가 진단질환과 차이가 0.05이하인 경우를 포함하는 경우에 대한 결과는 표 8과 같다. 이것은 진단 질환과 경쟁질환사이의 차이가 0.05이하이면, 이를 모두 표현해 주므로 이때 포함되는 질환은 모두 고려해야 한다는 것이다. 이때, 성적을 보면, 실제 진단 질환에 포함되는 것이 AVH와 CPH에서는 거의 없지만, CAH와 LC에서는 현저하게 증가하였다. 즉 차이가 0.05이내인 경쟁질환을 포함시킬 경우, CAH와 LC에 대해서는 적중율이 현저하게 증가한다. 이것은 CAH와 LC가 처음부터 간 기능검사로 진단이 되거나, 감별되는 능력이 다른 질환에 비해 떨어지므로, 이러한 질환에 대해서는 그 차이가 일정 기준이내인 경쟁질환을 포함시킬 때, 적중율은 증가한다. 그러나 진단이 비교적 명확한 AVH와 CPH에 대해서는 경쟁질환의 포함이 적중율에 대해 도움을 주지못한다. 오히려, 실제 진단질환이 AVH나, CPH가 아닌 질환들이 AVH나, CPH로 포함이 되어 표 7에서 AVH로 퍼지진단시 실제 진단이 AVH로 나오는 기대값이 58/64=87.5%에서 표 8에서 56/68=82.4%로 저하가 보인다. 이것은 실제 검사결과의 판독자의 경험으로도 타당한 것인데, 진단 자체가 명확한 질환들에 대해서는 경쟁 질환들을 상대적으로 고려하지 않는다. 그러나, 진단수단의 불확실성이나, 그 질환자체의 성격상 진단이 애매해지는 경우에는 진단질환뿐만 경쟁질환을 포함하여, 다음 진단수단의 선택이나, 치료방침을 선택하게 된다.

4.2 다변량 판별함수 적용결과

218명 전체에 대하여 다변량 판별함수식을 구하여 다시 이를 같은 환자의 결과에 적용한 결과는 표 9와 같다.

판별함수에 의한 질환군	실제 진단된 질환군			
	AVH	CPH	CAH	LC
AVH	54	4	2	0
CPH	2	40	4	0
CAH	1	0	24	14
LC	0	0	10	63
전체	57	44	40	77
적중율	95%	91%	60%	82%
전체 적중율	181/218 = 83 %			

표 8. 함수결정군과 시험군이 동일할 때 판별함수 성적

218명을 임의로 나누어 한 군에 대하여 다변량 판별함수식을 구하고 다시 이를 다른 군에 적용한 결과는 표10과 같다.

판별함수에 의한 질환군	실제 진단된 질환군			
	AVH	CPH	CAH	LC
AVH	26	3	1	0
CPH	2	18	1	0
CAH	0	0	13	10
LC	0	1	5	29
전체	28	22	20	39
적중율	93%	82%	65%	75%
전체 적중율	86/109 = 79 %			

표 9. 함수결정군과 시험군을 나누었을 때, 판별함수 성적

4.3 평가

본 연구에서 만들어진 검사 퍼지 진단시스템 모형에 의한 결과의 적중율은 전체적으로 82%로서 판별함수의 결과와 비슷한 결과를 보여주고 있다. 판별함수의 적중율은 같은 군을 대상으로 하였을 때, 적중율이 높은 것은 당연한 결과이고, 대상을 함수 결정군과 평가군으로 나누었을 때, 적중율이 떨어졌다. 그러므로 함수 결정군과 평가군으로 나눈 결과에 비해서는 약간 좋은 결과를 보여주고 있으나, 커다란 차이를 보이는 것은 아니라고 생각된다.

결과에서 두 방법 모두 80%정도의 적중율을 보인 것은 이 간기능 검사 자체가 대상 질환에 대한 확진 검사가 아니기때문이다. 즉, 각 질환마다, 확진 검사는 각각 다른 검사를 필요로 하며, 간기능 검사는 항상 최초의 간의 기능을 평가하며, 다음 검사에 대한 지침의 역할및 치료에 대한 지침으로 역할을 하므로, 판독자에게도 이들 결과는 모두 적중시킬수 없는 것이 현실이다. 또한 특히 결과에서 CAH와 LC의 적중율이 다른 질환군에 비하여 현저하게 떨어지는 데, 이것은 실제로 임상적으로도 CAH와 LC를 감별진단 (differential diagnosis)하는 것은 이외의 다른 검사를 추가하여도 여전히 그 구별이 어려운 것이 현실이므로 이 결과 또한 성적이 나쁜 것은 당연하다고 할 수 있다.

판별함수는 질병의 분류에서 hard partition의 성격을 갖는다. 그러므로 질환들사이에서는 상호배타적인 성격을 갖는다. 이것은 어떤 질환들의 진단에 대해서는 장점이 될 수 있지만, 간질환과 같은 경우에는 타당하다고 생각되지않는다. 왜냐하면, 여기에서 고려된 4개의 질환들은 한 환자에서 보면, AVH 즉 급성 바이러스성 간염에서 CPH,CAH, LC로 얼마든지 진행될 수 있기때문이다. 즉 하나의 상태가 시간의 진행에 따라 다른 질병의 상태로 진행이 될 수 있고, 이에 대한 분류의 기준은 한가지 황금율에 의한 것이 아니라, 여러가지 진단 수단과 치료의 방침및 효과를 복합적으로 고려한 분류이므로 하나의 질환과 다른 질환사이의 transition state로 존재할 수 있다. 이경우에 이를 하나의 질환으로 진단하고 다른 질환을 배제하는 것보다는 두개의 질환을 모두 고려하는 것이 더 타당한 것이다. 위의 CAH와 LC가 서로 감별이 안되는 이유가 임상적으로는 각 질환의 진단기준이 서로 상호배타적인 것이 아니며, 또한 많은 경우가 CAH에서 LC로 진행되므로, 이와 같이 감별진단이 안되는 경우에는 경쟁질환을 생각하지않는 진단방법은 단점으로 작용한다. 그러므로 판별함수에 대해 퍼지진단시스템이 갖는 분명한 장점은 표 8의 결과에서 보듯이 본 모형의 퍼지진단시스템은 질환들사이에 상호 배타적인 것이 아니라는 점이다. 즉, 본 모형은 각 간질환에 대해서 퍼지 규칙에 의해 얼마나, 타당한 것인가를 측정하는 것이다. 그러므로 transition state의 결과치들이나, 서로 감별이 안되는 질환들에 대해, 모두를 고려할 수 있는 진단방법이 될 수 있다.

검사확신도 (Test certainty)는 검사종목 그 자체로부터 고려되는 질환들에 대한 확신도를 구하는 것이다. 이것은 다른 규칙기반 시스템에서 사용하는 증가나, 감소의 정도를 표현하는 것과는 다르다. 어떤 검사종목이나, 하나의 검사종목이 모든 질환에 대하여 진단이나, 치료의 기능을 하는 것은 없다. 검사는 그 종목이 관계하는 질환에 대해서만 의미를 갖는다. 즉 검사실의 입장에서는 검사가 의뢰되는 것은 그 검사 결과치가 중요한 의미를 갖는 질환, 즉 간 기능 검사라면, 해당환자가 간질환을 고려하기때문에 의뢰된다는 사실에서 기인하는 것이다. 그러므로 검사종목에 대한 검사의뢰는 고려되는 질환이 무엇일 지 예측불가능한 것이 아니라, 어느 정도 예측이 가능하다. 검사종목 자체로부터 고려되는 질환에 대한 검사확신도를 구하는 것은 이러한 예측가능한 대상의 질환에 대해서 검사확신도를 갖고 평가하는 것이다.

검사확신도에 검사 중요도를 곱하지않고 보정검사중요도를 곱하는 이유는 질병확신도가 1이 넘지 않게 하기위해서이기도 하지만, 검사결과에 대한 판독경험에서도 근거를 가진다. 즉 검사결과의 판독에서 판독자는 주어진 검사결과만을 가지고서, 주어진 정보를 최대한 이용하면서 판독을 하게된다. 즉 주어진 검사결과치의 검사중요도의 합은 전체인 1이 되는 것이다. 예를 들면, 검사를 3종목한 경우에는 그 3종목의 검사중요도의 합이 전체인 1이고, 10종목인 경우에도 10종목의 검사중요도의 합이 전체인 1이 된다. 10종목으로 얻은 질병확신도는 3종목으로 얻은 질병확신도보다 더 신뢰성이 있는 결과이지만, 이를 질병확신도에 반영하지는 못한다. 이것은 앞으로 본 연구의 모형의 개선에 있어 고려되어야 할 대상이지만, 현실적으로는 비교적 간기능 검사종목수가 병원마다 다르지만, 한 병원안에서는 일정하다는 점에서 한 검사실에서 출력되는 질병확신도는 같은 검사종목으로부터 결정되므로 한 검사실에서 이 진단 시스템을 운영할 때는 이러한 문제가 큰 문제가 되지는 않는다고 생각된다. 이것은 검사중요도의 산술합이 종목수나, 해당 질환에 대한 퍼지진단의 신뢰도의 지침이 될 수 있을 것이다.

의료분야에서 전문가시스템의 많은 개발과 응용이 있어왔으나, 검사결과만을 고려하여, 검사실에서 사용될 수 있는 진단 시스템의 모형은 그 동안 그렇게

활발한 편은 아니었다. 그것은 환자의 병력이나, 이학적 소견 등의 정보가 없이 검사 결과의 정보만으로 진단을 유추하는 것은 그 진단적 효율에 한계를 보이기때문이다.

그러나, 나날이 검사종목들의 급격한 증가와 함께 환자 1인에게서 행해지는 검사량의 기하급수적인 증가는 환자의 검사결과만으로도 진단의 효율성을 크게 높일 수가 있게 되었다.

기존의 임상적인 지식으로부터 출발하는 진단시스템은 그 환자의 결과를 모두 컴퓨터에 입력해야한다는 부담이 있다. 검사기기에 의한 결과는 모두 검사기기에서 전문가 시스템으로 전송이 된다하더라도, 환자의 병력이나, 이학적 소견은 모두 전문가가 직접 입력을 하던가, 다른 사람이 전문가의 소견을 입력하여야만 한다. 그러므로 이러한 시스템은 입력의 노력과 시간의 소요때문에 실용성은 적어진다. 반면, 검사 결과에만 국한된 진단 시스템의 운영은 그 진단적인 효율성은 모든 정보를 이용한 진단 시스템의 효율에 비하여 그 성능이 떨어지겠으나, 검사가 행해지면, 자동적으로 그 진단 시스템이 작동되고, 이때, 환자의 정보입력에 대한 부담이 없으므로 실제 적용가능성은 매우 높다.

간 기능 검사는 거의 대부분의 환자에서 시행되며, 건강검진에도 시행되므로 이를 자동적으로 해석하는 시스템의 도입은 현실적으로도 그 필요성이 인정된다. 하루에도 수백명의 환자나, 수십에서 수백명에 이르는 건강검진의 간기능 검사에 대하여 적절한 해석이 가해지는 것은 임상의사로 하여금 간기능 검사 판독에 소요되는 시간을 단축하고, 많은 환자와 건강검진자를 보게 됨에 따른 판독하는 질의 저하를 방지할 수 있는 장점이 있다[11].

판별함수에 의한 진단은 하나의 검사나, 질환이 추가될 때마다, 모든 변수를 다시 결정하기위한 표본 추출과 함수 결정을 하여야 하며, 이것은 검사 종목의 변경이 빈번한 검사실의 입장에서는 매번 모든 해당 검사 결과를 갖고 있는 표본을 구하는 것은 현실적으로 용이한 일이 아니다. 그러므로 실제 검사실에서 판별함수의 적용은 어려움이 많다.

검사 퍼지 진단 시스템 모형에 의한 검사결과의 진단은 굳이 모든 검사 값을 가진 표본이 없다하더라도 판독자의 경험에 의해 추가가 용이하게 되므로 실제 검사실에서 적용이 용이하다. 또한 그 결과가 경험적 지식에 기반하므로, 실제 판독자가 검사 퍼지 진단 시스템에 의한 결과를 다시 검토하더라도, 그것은 항상 해석이 가능하므로 다시 판독자의 경험에 의한 membership function의 변경이나, 검사 중요도의 조정이 용이하게 이루어질 수 있다. 또한 신경망 이론을 이용한 진단 시스템의 평가가 보고되고 있고[14], 현재 퍼지이론과 신경망 이론이 융합된 진단 시스템의 방법론이 제안되고 있고, 이것이 보다 효과적인 시스템으로 인정됨에 따라, 본 연구에서 이루어진 모형도 신경망이론을 접합하는 것이 과제이다[15].

본 연구에서 제안된 퍼지 진단 시스템 모형에 의한 검사 결과의 판독은 간 기능 검사이외에 다른 종류의 검사에 대해서도 적용이 가능하다고 생각된다.

5. 참고 문헌

1. Winkel P, Ramsoe K, Lyngbye J, Tygstrup N, " Diagnositic value of routine liver tests," Clin Chem, 21, 71(1975)
2. Ellis G, Goldberg DM, Spooner RJ, Ward AM, " Serum enzyme tests in diseases of the liver and biliary tree," Am J Clin Pathol, 70, 248 (1978)
3. Winkel P, " Patterns and clusters- multivariate approach for interpreting clinical chemistry results," Clin Chem, 19, 1329(1973)
4. Plomteux G, "Multivariate analysis of an enzymatic profile for the differential diagnosis of viral hepatitis," Clin Chem, 26, 1897(198 0)
5. Jackson P, " Introduction to expert system," 2nd ed. (Addison Wesley 1990)
6. Klir GJ, Folger TA, " Fuzzy sets, uncertainty, and information," (Prentice-Hall, 1988), 246-257.
7. Adlassnig KP, Kolarz G, Scheithauer W, " Present state of the medical expert system CADIAG-2," Method Inf Med, 24, 13(1985)
8. Sanchez E, Bartolin R, " Fuzzy inference and medical diagnosis," Boimed Fuzzy Sys Bull, 1, 4(1990)
9. Weiss SM, Kulikowski CA, Galen RS," Developing microprocessor-based expert models for instrument interpretation," Proc of the 7th Int Joint Conf Artif Intell, pp 853-856. 1981
10. Takahashi T, Arita S, Kaihara S, " A fuzzy inference based system for laboratory diagnosis," MedInfo 89, pp 526-529, 1989, North- Holland, Netherland
11. Yamada S, Ohhashi A, Kawabe Y, Shibata S, Fukushima M, Tanikawa M, Tokoro M, Ichikawa M, " An approach to the certainty in automated multiphasic health testing and service," Boimed Fuzzy Sys Bull, 1, 31(1990)
12. Kandel A, " Fuzzy mathematical techniques with applications," (Addison Wesley, 1986), p 13.
13. Albert A, Harris E, " Multivariate interpretation of clinical laboratory data," (Marcel Dekker, 1987), pp 100-132.
14. Yoshida K, Hayashi Y, Imura AA, " A connectionist expert system for diagnosing hepatobiliary disorders," MedInfo 89, pp 116-220, North-Holland, Netherland
15. Sanchez E, " Fuzzy logic knowledge system and artificial neural networks in medical and biology," 한국퍼지시스템연구회지, 1, 9(1991)