

## 퍼지이론을 이용한 임상검사 자동분석에 관한 연구 - 간기능검사 결과 자동분석시스템 -

차은종 · 이태수 · 황유성\* · 김종원\* · 양승옥\*\* · 정기호\*\* · 유흥균\*\*

= Abstract =

### Automated Clinical Test Result Analysis System

- Application to liver function test -

Eun Jong Cha, Tae Soo Lee, You Sung Whang\*,  
Jong Won Kim\*, Seoung Ok Yang\*\*, Ki Ho Jung\*\*, Heung Kyun Ryu\*\*

Automated system to analyze liver function test results is presented based on fuzzy logic knowledge. Clinician's knowledge and experience was first expressed in linguistic terms followed by conversion to numerical values to create membership functions of disease possibility for each test item and liver disease. Membership functions were then compensated for different relative importances of test items. Liver diseases considered were acute viral hepatitis (AVH), chronic persistent hepatitis(CPH), chronic active hepatitis(CAH), and liver cirrhosis(LC). Liver function test results of alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST), glutamate dehydrogenase(GDH), ornithine carbamyltransferase(OCT), ALT/AST, and  $10 * GDH / ALT$  in 218 patients were analyzed by the present system, which resulted in 80% accuracy. AVH and CAH showed the highest 93% and the lowest 58% accuracies, respectively, which was similar to the clinician's expectation. The simple mathematical formulation of the present system would enable an easy implementation in commercial analysis instruments. Also, the identical fuzzy logic can be applied to similar diagnostic environments in general.

**Key Words** : Fuzzy logic knowledge, Liver function test, and Automated diagnosis system

〈접수 : 1993년 6월18일〉

\*충북대학교 의과대학 의공학교실 임상병리학 교실\*

\*Departments of Biomedical Engineering and Clinical Pathology College of Medicine

\*\*충북대학교 공과대학 전자공학과\*\*

\*\*Department of Electronic Engineering College of Engineering

Chungbuk National University Cheongju 360-763, Korea

## 국 문 초 록

퍼지이론에 기반을 둔 간기능검사 자동분석 시스템을 제안하였다. 임상병리 전문의의 지식과 경험을 수리화하여 소속함수를 결정하였고 검사종목별 중요도를 고려하여 소속함수를 보정하였다. 급성 바이러스성 간염(AVH), 만성 지속성 간염(CPH), 만성 활동성 간염(CAH), 간경변(LC)의 4가지 간질환이 있는 총 218명의 환자로부터 측정된 ALT, AST, GDH, OCT, ALT/AST,  $10 * GDH / ALT$ 의 6가지 항목 간기능 검사결과를 분석하여 80%의 적중율을 얻었다. 질환별 적중율은 AVH가 96%로 가장 높았으며 CAH가 58%로 가장 낮았다. 이는 전문의의 판정으로부터 예상되는 적중양상과 일치하였다. 본 연구에서 제안하는 자동분석 시스템은 그 연산과정이 간단하기 때문에 기존의 자동분석 기기에 손쉽게 프로그래밍 할 수 있으며 유사한 상황의 자동진단에 모두 동일하게 적용할 수 있다.

## 1. 서 론

간기능 검사는 가장 흔히 많은 환자에게 시행되는 검사일 뿐만 아니라 국내의 간질환 유병율은 선진국에 비해 월등히 높다. 또한 간기능 검사는 확인 진단검사 이전 단계에 시행하여 12종목까지의 다종목 검사결과로부터 간기능을 평가하기 때문에 종합적 해석이 중요하며 전문의인 경우에도 상당한 시간과 노력을 요하게 된다(1, 2). 간기능 검사결과와 종합해석은 전문의의 경험과 지식에 의존하고 있으며 간기능 검사가 최종 확인 진단검사가 아니기 때문에 간기능 검사결과만으로는 유일한 진단에 이르기 어렵다. 이와같은 애매모호성을 극복하고 검사결과 해석에 요하는 시간과 노력을 절감할 수 있는 자동분석 시스템을 실현한다면 날로 급증하는 간기능 검사에 소요되는 시간과 노력을 최소화 할 뿐만 아니라 환자의 병력에 관한 다른 정보를 활용할 수 없는 종합병원 임상병리과에서의 검사결과 해석도를 최대화하여 임상에게 중요한 보조자료를 제공할 수 있을 것이다. 간기능 검사결과를 종합 분석하는 것은 통상 임상병리 전문의의 경험과 전문지식에 의존하고 있으며 이를 자동분석하기 위하여는 전문가의 사고체계에 입각한 논리체계가 필수적이다. 최근 많이 이용되고 있는 퍼지이론은 인간의 논리체계와 유사한 판단기

준을 제공할 수 있기 때문에 간기능 검사결과와 해석과 같이 명확하고 엄밀한 수리적 판단이 불가능한 경우에 손쉽게 적용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 퍼지 이론에 입각하여 간기능 검사결과를 자동분석하는 방법을 제시하였고 이를 조직생검으로 확인된 218명의 간질환 환자로부터 측정된 간기능 검사 결과에 적용하여 그 적중도를 평가하였다.

## 2. 방 법

검사 항목 종합 간기능 검사는 12가지 항목으로 구성되어 있으나 이중 중요하다고 판단되는 6가지 검사종목을 선택하였다. 즉, ALT(Alanine aminotransferase), AST(Aspartate aminotransferase), GDH(Glutamate dehydrogenase), OCT(Ornithine carbonyltransferase), ALT/AST, 그리고  $10 * GDH / ALT$  를 선택하였다.

대상 간질환 이상의 6가지 간기능검사로부터 개별판정하고자 하는 간질환은 급성 바이러스성 간염(AVH, Acute viral hepatitis), 만성 지속성 간염(CPH, Chronic persistent hepatitis), 만성 활동성 간염(CAH, Chronic active hepatitis), 그리고 간경변(LC, Liver cirrhosis)의 4가지를 대상으로 하였다.

소속함수 특정한 한가지 검사종목의 결과치로부터 추정할 수 있는 특정 질환에 대한 감염의 가능성을 감염가능성이라고 정의할 수 있으며 특정 검사의 결과치로부터 특정질환을 확진할 수 있는 경우 그 값을 1, 그리고 확실히 배제할 수 있을 경우에 0의 값을 대응시킬 수 있을 것이다. 이와 같이 검사결과치에 따른 감염가능성을 수리화하면 이는 퍼지이론의 소속함수에 해당한다. 간기능검사의 결과치는 체내에 존재하는 각종 물질의 농도로써 연속(analog)변수이며 이 연속변수의 연속함수인 감염가능성(즉, 소속 함수값)을 모두 정의할 수는 없으므로 일상적으로 사용되는 감염가능성의 언어적 표현을 결과치의 일정범위에 대응시켜 수리화 하였다. 즉, 소속함수값은 0과 1사이의 값을 가지며 검사결과치에 대응되는 언어적 표현의 강도, 즉 감염가능성이 단계적으로 높아짐에 따라 0.1-0.25 사이의 값을 지정하여 증가시킴으로써 소속함수를 결정하였다. Table 1에 감염가능성의 언어적 표현과 이에 대응하는 소속함수값을 보였다. 이와 같이 6가지 검사종목 각각에 대해서 4개의 질환에 해당하는 24개의 소속함수를 임상병리 전문의와의 자문을 통해 결정하였다. 결정된 소속함수를 그림 1

**Table 1** 감염 가능성의 언어적 표현과 소속함수값  
Linguistic expression of disease possibility  
with the corresponding numerical values of  
the membership function

언어적 표현	감염 가능성
definite	1.00
highly suggested	0.90-0.99
suggested	0.75-0.90
suspicious	0.60-0.75
likely	0.50-0.60
probable	0.40-0.50
not likely	0.25-0.40
hardly possible	0.01-0.25
never	0.00

**Table 2** 검사중요도의 언어적 표현의 수리화  
Linguistic expression of test importance  
and the corresponding numerical values

k	언어적 표현	중요도(%)	$m_k$
1	always essential	100	0.0
2	somewhat essential	90	0.1
3	important	75	0.25
4	somewhat important	50	0.5
5	not important	25	0.75
6	somewhat meaningless	10	0.9
7	almost meaningless	0	1.0

에 도시하였다.

검사 중요도 특정 질환을 진단하는데 있어서 검사결과치에 관계없이 검사종목별로 그 중요도가 다를 수 있다. 예를 들어 ALT는 AVH를 진단하기 위하여 항상 필수적(always essential)이나 GDH는 약간 무의미(somewhat meaningless)하다고 한다. 이와 같이 특정질환을 진단하기 위하여 그 중요도가 다른 두 검사종목의 소속함수로부터 얻어지는 감염가능성을 대등하게 취급할 수는 없으므로 소속함수를 적절히 보정하여야 한다. 검사중요도는 통상 “항상 필수(always essential)”와 같이 단계별로 언어적으로 표현 할 수 있다. 본 연구에서는 임상병리 전문의의 자문에 따라 7단계의 검사중요도를 선택하였고 “항상 필수(always essential)”인 검사의 중요도를 100%, 그리고 “거의 무의미(almost meaningless)”한 검사의 중요도를 0%라고 가정했을 때 그 사이의 중요도를 나타내는 언어적 표현

에 해당하는 수치를 Table 2에 보인바와 같이 결정하였다. “거의 무의미”한 언어적 표현으로 나타내어지는 검사일지라도 실제로 전혀 필요없는 검사는 아니며 검사중요도를 0으로 하여 진단정보로부터 완전히 배제할 수는 없으므로 검사중요도가 가장 낮은 “거의 무의미”한 검사의 중요도를 나타내는 검사중요도의 최소값이 정해졌을 때 이에 따라 검사들간의 상대적 중요도가 유지되도록 다음과 같이 검사중요도를 결정하였다.

$$a_k = 1 - m_k \cdot R, \quad k = 1, \dots, 7 \quad (1)$$

$$0 \leq R \leq 1$$

식(1)에서  $a_k$ 는 k번째로 중요한 검사의 중요도를 의미하고 R은 가장 중요한 검사와 덜 중요한 검사의 중요도의 차이, 즉 검사중요도의 범위를 나타내는 계수이다.  $m_k$ 는  $a_k$ 가 1보다 작은 정도, 즉 100%중요한 검사와 비교해서 얼마나 중요도가 떨어지는가 하는 것을 나타내는 상수이며 Table 2에  $m_k$ 의 값을 보였다. Table 2에서  $m_1=0$  이므로 “항상 필수”인 검사의 중요도는 1이 되며( $a_1=1$ )  $m_7=1$  이므로 “거의 무의미”한 검사의 중요도는  $a_7=1-R$  이 된다. 검사중요도의 범위가 0-1이면( $R=1$ )  $a_7=0$ 이 되며  $a_k$ 의 값은 전문의가 지정한 중요도의 분포와 같아지고 R이 0과 1 사이의 값을 가지는 경우에는 중요도간의 상대적 차이는 동일하게 유지되면서 중요도의 범위가 1보다 작게 압축된다. 검사중요도를 이와같은 방법으로 수리화한 이유는 검사중요도를 0-1의 값으로 수리화하고자 할 때 “거의 무의미”한 검사의 실질적인 중요도에 해당하는 수치를 임상병리 전문의가 정할 수 없었기 때문이며 따라서 검사간의 상대적 중요도는 유지하되 최대범위를 R의 값으로 변화시킬 수 있도록 하였다. 실제 환자의 검사결과에 적용할 때에는 적중도가 최대가 되도록 R의 값을 조정하였다. 특정 질환을 진단하는데 있어서 검사종목이 가지는 중요도는 임상병리 전문의의 자문에 따라 먼저 언어적으로 표현한 후 위에 설명한 바와 같이  $a_k$ 의 값을 R의 함수로 나타내었다. Table 3에 질환 및 검사별로 적용한 중요도를 보였다.

검사중요도의 적용 검사중요도를 적용하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있겠으나 본 연구에서는 Sanchez(3)가 사용한 방법을 적용하였다. 즉 j번째 검사( $X_j$ )가 i번째 질환( $D_i$ )에 속하는 소속함

**Table 3** 질환별 간기능 검사 종류의 중요도 분포  
Test importance distribution for each liver disease

검 사 종 목	AVH	CPH	CAH	L C
AST	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>3</sub>
ALT	a <sub>1</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>
GDH	a <sub>6</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>4</sub>
OCT	a <sub>7</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>4</sub>
ALT/AST	a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>
10*GDH/ALT	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>4</sub>

수(F<sub>ij</sub>)를 이 때의 검사 중요도(a<sub>k</sub>)를 사용하여 다음과 같이 보정하였다.

$$F_{ij}^{ak} = \text{MAX}(1 - a_k, F_{ij}) \quad (2)$$

식 (2)의 연산을 그림 2에 도시하였다. i번째 검사종목 X<sub>i</sub>의 결과치가 x<sub>i</sub>일 때 j번째 질환 D<sub>j</sub>에 해당하는 소속함수값은 F<sub>ij</sub>(x<sub>i</sub>)이며 이는 D<sub>j</sub>에 감염될 가능성을 나타낸다, a<sub>k</sub>=1 인 경우

$$F_{ij}^{ak} = \text{MAX}(0, F_{ij}) = F_{ij} \quad (3)$$

이므로 “항상 필수”인 검사의 소속함수는 검사중요도의 영향을 받지 않는다. 그러나 검사중요도가 떨어지면(a<sub>k</sub><1) 식(2)에 의해서

$$F_{ij}^{ak} \geq F_{ij} \quad (4)$$

가 되고 검사중요도가 작아짐에 따라 소속함수값(감염가능성의 척도)은 큰 값으로 산출된다. 이와 같이 검사중요도가 낮은 검사일수록 소속함수값이 커지도록 검사중요도를 적용한 이유는 6종목의 간기능 검사결과치로부터 특정 질환의 감염가능성을 계산한 후 이들의 최소치를 그 질환의 감염가능성으로 판단하였기 때문이다(아래에 설명).

질환 판정 앞서 설명한 바와 같이 검사중요도가 고려된 소속함수로부터 계산된 감염 가능성이

$$\mu_{ij} = F_{ij}^{ak}(x_i) \quad (5)$$

일 때 질환별 감염가능성은

$$E_j = \text{MIN}(\mu_{1j}, \dots, \mu_{6j}), \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

로 계산하였다. 식(6)에서 최소치를 취한 이유는 6가지 간기능 검사 결과치로부터 질환별 감염가능성을 가장 안전하게 계산하기 위함이다(고안 참조). 식(6)은 질환별로 감염가능성을 제공해주며 이들의 최대치를 취하여 본 연구에서 대상으로 하는 4개의 질환중 그 가능성이 가장 높은 판정 질환으로 간주하였다. 즉,

$$D = D_j \quad (7a)$$

$$\text{where } E_j = \text{MAX}(E_1, E_2, E_3, E_4) \quad (7b)$$

이와 동일한 방법은 단백질 농도로부터 염증 반응의 정도를 추정하기 위해 성공적으로 사용된 바 있다[3, 4].

**Table 4** 질환별 대상 환자수

Number of patients for each liver disease

대 상 결 환	환자수(명)
급성 바이러스성 간염(AVH)	57
만성 지속성 간염(CPH)	44
만성 활동성 간염(CAH)	40
간 경변(LC)	77
계	218

### 3. 결 과

Plomteux[3]가 연구대상으로 삼았던 218명의 환자로부터 측정된 검사결과를 본 연구에서 제안한 진단방식에 적용하였다. Table 4에 대상 환자군의 질환별 분류를 보였다. 이들의 확진은 조직생검을 통하여 확인된 바 있다. 그림 1의 소속함수와 Table 2, 3의 검사중요도는 환자의 검사결과와 무관하게 임상병리 전문의의 자문에 따라 결정하였다. 검사중요도의 범위(R)는 0과 1사이의 값을 임의로 선택하였다. Table 4의 확진과 본 연구에서 제안한 방식에 따라 얻어진 판정질환이 일치하는 환자수의 전체 환자수에 대한 비율을 적용율로 계산하였다. 검사중요도를 전혀 고려하지 않은 경우(R=0, a<sub>k</sub>=1)에도 약 76%의 적용율을 나타내었고 검사종목간 검사중요도의 상대적 차이를 최대로 반영하였을 때(R=1, a<sub>1</sub>=1, a<sub>7</sub>=0)에는 약 73%의 가장 낮은 적용율을 보였다. R=0.5, 즉 검사중요도의 범위가 0.5-1.0일 때 최고의 적용율을 나타내

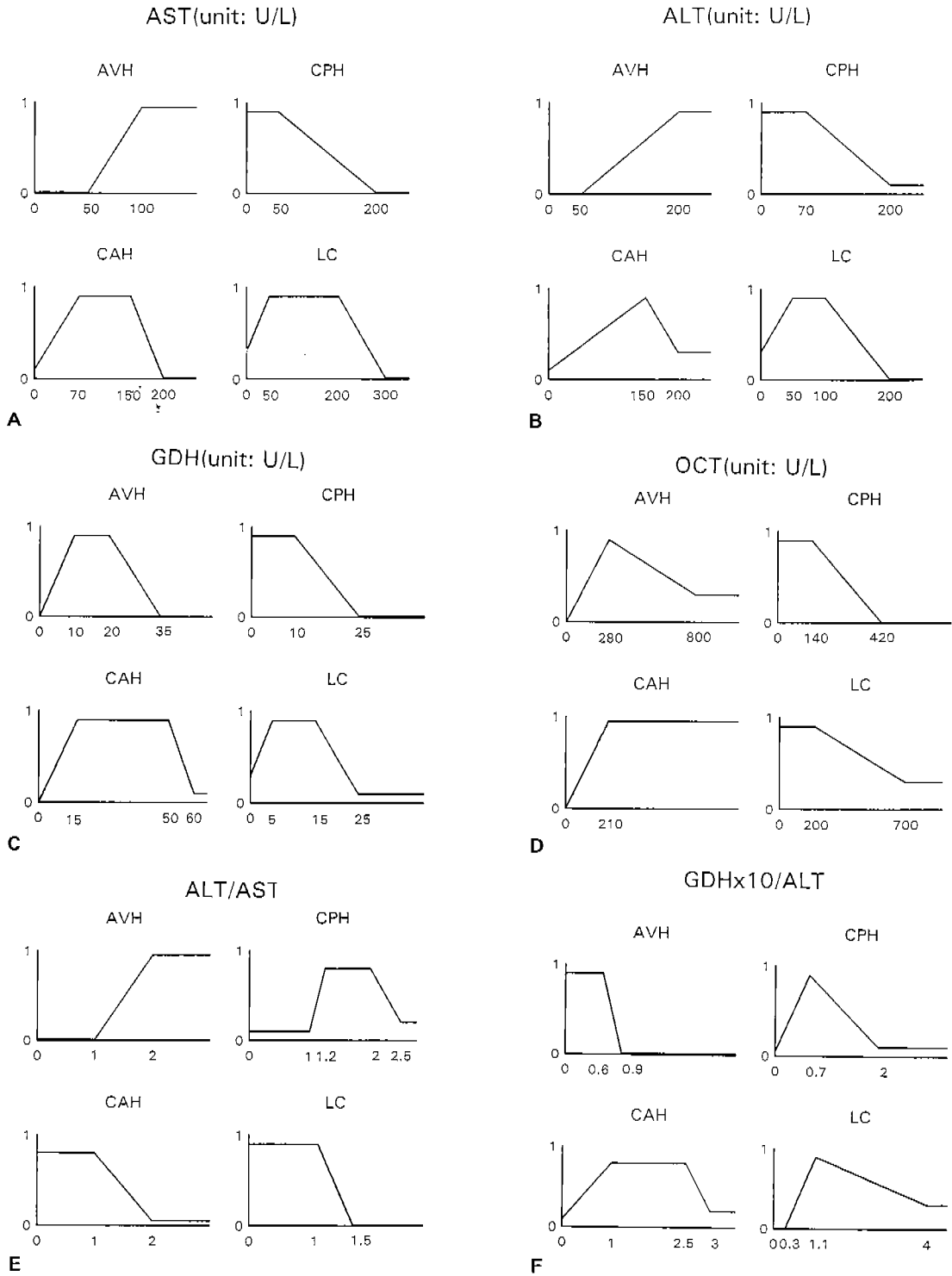


그림 1 검사종류별 질환에 대한 감염 가능성의 소속함수

(a) AST (b) ALT (c) GDH (d) OCT (e) ALT/AST (f) GDH\*10/ALT

Fig. 1 Disease possibility membership function of each test result to each liver disease

(a) AST (b) ALT (c) GDH (d) OCT (e) ALT/AST (f) GDH\*10/ALT

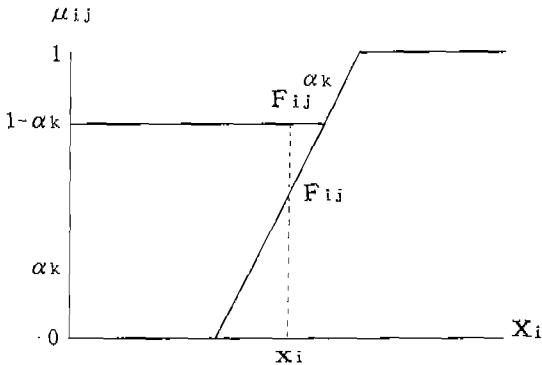


그림 2 검사중요도를 고려한 소속함수

Fig. 2 Membership function with the test importance considered

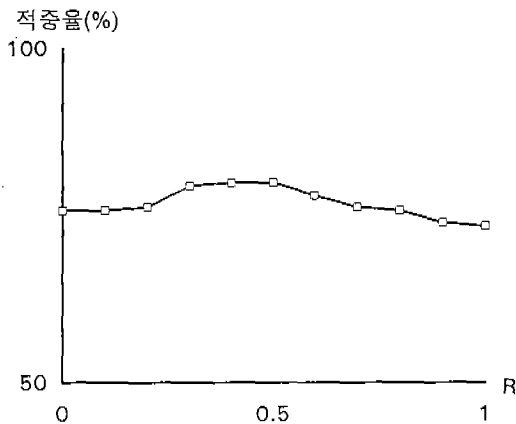


그림 3 R 값에 따른 (본문 참조)적중율 변화

Fig. 3 Accuracy variation of the present diagnostic system for different R values

었으며 약 80%의 환자를 정확하게 판정하고 있었다(교안 참조). 그림 3에 R 값에 따른 적중율의 변화를 보였다. R=0.5일 때 적중율을 질환별로 살펴본 결과 AVH가 가장 높았으며(93%) CAH가 가장 낮았다(58%). 그림 4에 질환별 적중율을 비교하였다.

#### 4. 고 안

간기능 검사는 가장 많이 흔히 시행되는 다중목 검사로써 최종 확인 진단검사는 아니지만 검사결과와 종합적인 분석은 향후 치료의 방향을 결정하는데 중요한 역할을 한다. 현재 임상병리 전문의의 지식과 경험에만 의존하고 있으나 나날이 증가하는 검사량을 생각할 때 분석을 도울 수 있는 자동

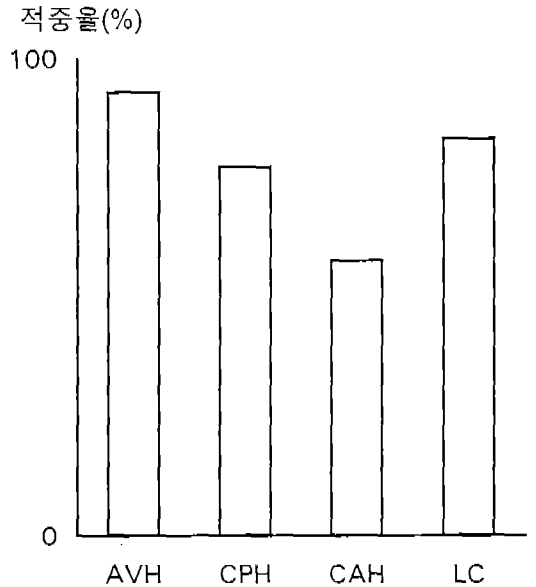


그림 4 질환별 적중율(R=0.5)

Fig. 4 Accuracy evaluation for each liver disease

분석 시스템은 진단의 보조 수단으로 유용하게 사용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 인간의 사고 체계를 모방할 수 있는 퍼지 이론에 기반을 둔 간기능 검사결과 자동분석 시스템을 제안하였다.

앞서 설명한 바와 같이 전문의의 판단 기준을 정량화한 소속함수를 검사별 중요도를 고려하여 보정한 후 검사결과를 대입하여 가장 가능성 있는 간질환을 판정하였다. 퍼지 판단에 있어서 가장 중요한 소속함수를 결정하는 최적방법은 아직 규명되어 있지 않으며 특히 의료진단과정의 경우 의학 지식이 거의 정보화, 체계화되어 있지 않고 항상 특수한 예외가 많이 존재하기 때문에 소속함수를 결정하는 과정에 있어서 객관적이고 정량적인 근거를 찾기 어렵다. 예를 들어 실제 간질환이 있는 환자군의 검사결과로부터 통계적 방법에 의해 소속함수를 결정하는 경우 특정환자군에 민감한 결과를 얻기 쉬운 것이다. 즉 본 연구에서는 불충분한 근거위에 객관적이고 정량적인 방법을 도입하여 소속함수를 결정하는 것 보다는 다소 주관적이기는 하나 전문가의 지식 체계를 최대한 활용하기 위하여 본원 임상병리 전문의와의 자문에 따라 소속함수를 결정하였다. 검사결과를 소속함수에 적용하여 최종진단에 이르는 퍼지규칙을 확립하기 위하여 본 연구에서는 가장 간단한 규칙을 추구하였다. 그러나 검사중요도의 경우 임상병리 전문의의

진단과정에 항상 포함되고 있으나 정량적 개념이 결여되어 있었으므로 이를 최적화하고자 하였다.

총 218명의 환자로부터 얻은 6종목의 간기능 검사결과로부터 4가지의 간질환을 판정해 본 결과 약 80%의 적중율을 얻었다. 다변량 판별함수를 적용하여 동일한 환자군에 적용하는 경우 본 연구결과보다 다소 높은 85%의 적중율을 얻고 있으나 [5] 이는 검사결과로부터의 귀납적 추론에 의한 것이므로 새로운 환자군의 경우에도 유사한 적중율을 보이리라 보장할 수 없다. 반면, 본 연구의 경우 임상병리 전문의의 지식과 경험에 기초하여 대상 환자의 검사결과와 무관하게 소속함수를 결정하였으므로 환자군에 관계없이 유사한 적중율을 보이리라 예상되며 보다 일반적인 적용이 가능하리라 생각된다. 이는 전문의의 판단 체계를 모방한 퍼지규칙을 사용했기 때문에 가능하며 본 방법의 우월성을 나타낸다고 생각된다.

특정 질환을 진단할 때 검사종목 자체의 중요도를 고려하기 위하여 검사중요도를 도입하였으며 이를 0과 1사이의 값으로 수리화하였다(Table 2). 임상병리 전문의와의 자문 결과 가장 중요한 검사의 중요도를 1이라 할 때 가장 중요하지 않은 검사의 중요도는 1보다는 작은 것이나 실제로 어떤 수치를 지정해야 하는지 결정하기 어려웠다. 가장 중요하지 않은("거의 무의미한")검사의 중요도를 0이라고 하는 경우 그 검사는 진단에 전혀 기여하지 않는 시행할 필요가 없는 검사가 되고 이와 같이 전혀 쓸모없는 검사는 있을 수 없으므로 가장 중요하지 않은 검사의 중요도를 임의의 값으로 지정하고 검사간의 상대적인 중요도의 차이는 유지하고자 하였다. 가장 중요한 검사와 중요하지 않은 검사에 각각 100%와 0%의 중요도를 지정한 후 그 중간 정도의 중요도를 가지는 나머지 검사종목에 대해 임상병리 전문의로 하여금 상대적 중요도의 정도를 백분율로 나타내도록 한 후 이를 1이하의 범위로(식(1)의 R값) 임의로 압축할 수 있도록 수리화하였다(Table 2). 검사중요도의 범위가 최대(R=1)일 때 가장 낮은 약 73%의 적중율을 보였다. 이는 가장 중요하지 않은 검사의 중요도는  $a_7 = 0$  이 되어 질환판정에 전혀 기여하지 못하였기 때문이라 생각된다. 즉, 진단을 위하여 보유하고 있는 검사정보의 일부를 사용하지 못하였기 때문에 질환 판정의 적중율은 떨어질 수밖에 없을 것이다. 반면 R=0인 경우에는 모든 검사의 중요도가 1이 되어( $a_k = 1, k=1, \dots, 7$ ) 검사 중요도가 전

혀 반영되지 않은 것과 같아지며 이는 특정 질환을 진단하기 위해 보다 중요한 검사가 실제로 존재한다는 사실과 배치된다. 따라서 적중율 역시 떨어질 것이 예상되며 약 76%의 적중율을 보였다. R값을 0.1 간격으로 변화시키며 적중율을 계산해 본 결과 R=0.5일 때 최고의 적중율을 보였다(80%), R=0.5일 때 가장 덜 중요한 검사의 중요도는 가장 중요한 검사의 중요도의 50%이며( $a_7=0.5$ ) 이는 검사 결과지에 무관하게 전혀 중요하지 않은 검사는 수행할 필요가 없는 무의미한 검사이므로 실제 상황에 위배된다는 사실을 반영한다. 또한 모든 검사가 동일한 중요도를 가질 수는 없다는 사실과도 합치되는 합리적인 결과이다.

그러나 질환판정의 적중율은 R값의 선택에 예민하지 않았으며(그림 3) 이는 다음과 같이 설명할 수 있을 것이다. 질환의 감염가능성을 나타내는 소속함수를 검사결과치로부터 결정하는 과정에서 임상병리 전문의는 자신의 지식과 경험에 비추어 가장 정확한 진단이 이루어지도록 노력하였을 것이고 따라서 검사종목 자체의 중요도가 이미 반영되었을 수 있다. 즉, 전문의의 자문에 따라 결정한 소속함수로부터 이미 전반적인 적중율이 결정되며 검사중요도는 최종적인 최적 진단에 기여한다고 볼 수 있을 것이다.

검사중요도가 고려된 소속함수로부터 질환을 판정할 때 먼저 질환별 감염가능성을 6가지 종목의 검사결과치로부터 산출한 후 산출된 질환별 감염가능성을 비교하여 판정 질환을 선택하였다. 이 때 질환별 감염가능성은 6가지 종목의 검사결과치를 소속함수에 대입하여 얻은 감염가능성의 최소치로 결정하였으며(식 5, 6)이 최소치중 최대치를 보이는 질환을 최종 판정질환으로 결정하였다(식 7). 이는 검사결과로부터 질환별 감염가능성을 계산할 때 가장 안전한 방향의 진단을 지향하기 위함이다. 왜냐하면 예를 들어 검사종목별로 산출된 감염가능성중 최대치를 그 특정질환의 가능성으로 지정하는 경우 "false alarm"의 가능성이 높아질 수 있기 때문이다. 차선책으로 6가지 종목의 검사결과치로부터 산출된 감염가능성의 평균치 혹은 가중 평균치를 그 질환의 감염가능성으로 지정할 수 있을 것이다. 본 연구의 연구과정에서 평균치를 사용하여 보았으나 유사한 적중율을 보였으므로 가장 안전한 진단을 지향하는 관점을 선택하였다. 적중율이 진단질환을 판정하는 방법에 예민하지 않은 것은 진단을 위하여 가장 중요한 소속함수에 이미

대부분의 중요한 정보가 포함되어 있음을 반증한다고 볼 수 있을 것이다. 질환별 감염가능성을 산출할 때 최소치를 취하는 방법을 사용함으로써 소속함수의 모양을 크게 변형함이 없이 손쉽게 검사 중요도를 고려할 수 있었다(식 2). 즉, 검사중요도가 떨어짐에 따라 단순히 소속함수값이 크게 산출되도록 함으로써 질환별 감염가능성의 산출에 기여하는 정도가 낮아지도록 하였다. 진단질환을 판정하는 방법에는 여러가지가 있을 수 있겠으나 본 연구에서 사용한 방법으로 약 80%의 높은 적중율을 얻을 수 있었고 간기능 검사 자체가 확인 진단 검사가 아니며 전문의인 경우에도 간기능 검사결과만으로는 그 이상의 정확도를 기할 수 없기 때문에 본 방법은 우수한 종합분석기능을 가지고 있다고 생각된다. 최적의 질환 판정방법에는 인공 신경망 회로를 이용하는 등 지속적인 연구가 필요하다고 생각되나 본 연구에서는 간단한 연산에 의해서도 우수한 적중율을 얻을 수 있었으므로 보다 정교한 기술은 추후하지 않았다.

총 218명의 환자에 대한 적중율은 약 80%이였으나 질환별 적중율은 그림 4에 보인 바와 같이 약 58%(CAH)에서 약 93%(AVH)까지 질환별로 차이를 나타내었다. CAH를 제외한 나머지 질환들의 경우 적중율은 모두 70%를 상회하고 있으며 이는 전문의가 예측하는 결과와 크게 다르지 않다고 판단되었다. CAH의 경우 적중율이 58%로써 가장 낮았으나 많은 경우에 있어서 CAH로부터 LC로 질환이 진행하기 때문에 조직 생검과 같은 확인 진단검사 없이는 전문의인 경우에도 상호 배타적인 감별진단이 어려운 점을 감안하면 나쁜 결과는 아니라고 생각된다. 본 연구에서 제안하는 퍼지시스템 자체가 질환들 상호간의 배타적인 결론을 추구하는 것이 아니라 질환별로 그 가능성을 제시하는 것이고 간기능 검사결과만으로는 유일한 진단 그 자체가 거의 불가능하다는 사실에 비추어 보면 합리적인 결과일 것이다. 이를 보다 자세히 규명하기 위하여 CAH와 LC환자 117명(Table 4)에 있어서 첫번째 및 두번째로 큰 감염가능성을 나타내는 질환, 즉 1개가 아닌 2개의 판정질환을 검토했을 때 CAH와 LC가 모두 아닌 질환으로 판정된 환자는 1명밖에 없었다.

이상의 논의로부터 퍼지이론에 입각한 본 시스템은 전문의의 판단과정과 유사한 정성적, 정량적 분석결과를 모두 제공하고 있다. 그러나 본 연구의 퍼지시스템은 조직생검에 의해 확진된 218명의 환

정된 환자를 대상으로 하고 있기 때문에 실제 임상환경에 적용되기 위해서는 정상인을 포함한 임상실험이 요구된다고 하겠다.

## 5. 결 론

전문지의 지식과 경험에 기초한 퍼지논리 기반의 간기능 검사결과 자동분석 시스템을 제안하여 218명의 간질환 환자의 검사결과에 적용하여 80%의 적중율을 얻을 수 있었을 뿐만 아니라 전문의의 판단체계와 유사한 내용을 추리할 수 있었다. 본 시스템은 그 연산이 간단하기 때문에 자동화된 검사기에 손쉽게 프로그램화할 수 있으며 임상 의에게 진단을 위해 유용한 결과를 제공해 줄 수 있으리라 생각된다. 본 시스템과 같이 퍼지이론에 기반을 둔 시스템은 인간의 사고 체계를 모방하였으므로 보다 바람직한 진단 시스템을 가능하게 해 줄 것이다. 본 연구에서 사용한 동일한 방법을 진단을 위해 필요한 변수의 엄격한 수치 분리가 불가능한 경우에 모두 적용할 수 있으므로 향후 유사한 진단 분석 분야의 연구가 요구된다.

## 참 고 문 헌

- 1) Winkel P, Ramsøe K, Lyngbye J, and Tygstrup N. Diagnostic 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) Sanchez, E. Fuzzy logic knowledge system and artificial neural networks in medicine and biology. 한국 퍼지 시스템 연구회지 1:9, 1991.
- 4) Sanchez E and Bartolin R. Fuzzy inference and medical diagnosis. Boimed. Fuzzy Sys. Bull., 1:4, 1990.
- 5) Plomteux G. Multivariate analysis of an enzymatic profile for the differential diagnosis of viral hepatitis. Clin. Chem. 26:1897, 1980.

## Acknowledgement

이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.