

A Fuzzy Differential Diagnosis of Headache¹⁾

Young Hyun Kim²⁾, Soon Ki Kim³⁾,
Sun Young Oh⁴⁾, Jeong Yong Ahn⁵⁾

Abstract

Headache is one of the most common reasons for neurological consultation. Headache has many causes and symptoms. Therefore, screening method using questionnaire is helpful in diagnosis of headache. This paper is to propose a medical diagnostic method to grasp patient's diseases using the relations between symptoms and diseases. For this purpose, we develop an interview chart assigned IF(intuitionistic fuzzy) grade with the relation among symptoms and three labels of headache. The method can be used to classify patient's tone of diseases with certain degrees of belief and its concerned symptoms.

Keywords : Fuzzy Differential Diagnosis, Interview Chart, Intuitionistic Fuzzy Grade

1. 서론

두통은 다양한 원인을 가지는 증상으로 현대 사회에서 의사를 찾게 되는 가장 흔한 증상 중의 하나이다(Stephen, 2002). 국제두통질환 분류에 따르면 두통은 크게 일차성 두통, 이차성 두통 등으로 나눌 수 있고, 일차성 두통은 다시 편두통(migraine), 긴장

1) 이 논문은 2003년도 전북대학교 연구비 지원으로 연구되었음.

2) First Author : Professor, Department of Neurology, School of Medicine, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, Korea.
E-mail : kimyh@chonbuk.ac.kr

3) Emeritus Professor, Department of Statistics, Chonbuk National University, Chonbuk, 561-756, Korea.
E-mail : soonkim@chonbuk.ac.kr

4) Clinical Professor, Department of Neurology, School of Medicine, Chonbuk National University, Jeonju, 151-742, Korea.

5) Corresponding Author : Associate Professor, Division of Mathematics and Statistical Informatics(Institute of Applied Statistics), Chonbuk National University, Chonbuk, 561-756, Korea.
E-mail : jyahn@chonbuk.ac.kr

형두통(tension-type headache), 군발성두통(cluster headache), 삼차자율신경두통(trigeminal autonomic cephalalgias), 그리고 기타일차두통으로 분류된다. 이들 중 편두통, 긴장형두통, 군발성두통 등이 많이 발생하는데, 편두통은 흔히 장애를 일으키는 일차성 두통으로 유병률이 높고 장애를 일으키는 모든 질환 중 19위를 차지한다. 긴장형두통 또한 흔한 일차성 두통으로 일반 인구의 평생 유병률은 30%에서 78%에 이르고 있다. 두통 환자들의 대부분은 뇌종양이나 뇌졸중 등 생명을 위협하는 심각한 상황인지에 대해 고민하며 의사는 이를 확인해야하기 때문에 두통의 진단과 치료에 대한 지견을 가져야 한다(권순억, 2003).

두통환자의 진단에서 가장 중요한 것은 병력 청취이다. 병력 청취만으로도 어느 정도 감별진단이 가능하기 때문에 많은 시간을 할애하여 자세하게 병력을 청취해야 한다. 예를 들어, 두통의 양상, 발생 연령과 당시 상황, 전구 증상, 전조, 동반증상, 악화 및 완화요인, 과거병력, 동반 질환, 과거 의학적 검사 결과, 치료력, 가족력, 결혼 상태, 직업, 부부 및 가족 관계, 음주, 수면습관, 커피, 콜라, 마약, 정서적 요인 등의 자세한 청취가 정확한 진단에 도움을 줄 수 있다.

의학 분야에서 진단(diagnosis)은 환자의 의학적 상태를 기술하거나 종합적으로 설명하기 위한 의사의 소견으로 생각할 수 있으며, 현재 개발되어져 있는 두통진단 도구들은 위험신호 항목(Goadsby와 Mathew, 2000), 두통환자 진단 알고리즘(Lipton 등, 2004) 등이 있으나 기본적인 수준에 머물러 있다. 두통의 진단은 의사가 가지고 있는 환자에 대한 정보, 의사의 의학적 지식, CT(computer tomography) 및 MRI(magnetic resonance imaging) 등과 같은 영상 검사 등에 의해 이루어진다(Smets, 1981). 따라서 일차적으로 의사들은 환자의 병력기록, 인터뷰 등을 통해 환자의 두통에 대한 정보 즉, 증상(symptoms)을 포착하여 진단에 활용하며, 증상과 질병 사이에는 매우 밀접한 관계가 존재한다.

본 연구에서는 두통(headache)과 증상(symptoms) 사이의 관계를 이용하여 환자의 질병을 진단할 수 있는 의학적 진단 방법을 제안한다. 이를 위하여 위에서 언급한 두통의 3가지 형태(편두통, 긴장형두통, 군발성두통)와 관련된 증상들에 직관적인 퍼지 등급(intuitionistic fuzzy grade)을 부여한 인터뷰 차트(interview chart)를 개발하여 진단에 활용한다. 2절에서는 질병의 진단에 퍼지 등급을 활용하기 위한 이론적 배경을 살펴보고, 3절에서는 본 연구의 핵심부분인 퍼지 등급이 부여된 인터뷰 차트를 설명한다. 4절에서는 이러한 정보를 이용하여 두통을 진단하는 예를 제시한다.

2. 이론적 배경

인터뷰 차트의 정보를 이용하여 환자의 두통상태를 판단하고자 할 때, 질문의 항목들에 대하여 의사는 각각의 두통 형태에 적합한 가중값들을 부여하여 이를 진단에 활용한다. 이 절에서는 이러한 정보를 활용하기 위하여 Sanchez(1976), Adlassnig(1986), Atanassov(1994), 안정용 등(2003)에서 제안된 이론적 배경을 간단히 살펴본다.

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$, $P = \{P_1, P_2, \dots, P_q\}$ 를 각각 증상(symptoms), 질병(diseases), 환자(patients)의 집합이라 하자. 증상 S_i 와 질병 D_j 사이에는 다음과 같은 특성이 존재한다.

- (1) D_j 에서 S_i 의 출현성
 “ D_j 에서 S_i 가 얼마나 자주 출현하는가?”
 (2) D_j 에 대한 S_i 의 확증성
 “ S_i 가 나타났을 때 D_j 를 얼마나 확신할 수 있는가?”

이러한 특성에 기반하여 환자와 증상 사이의 직관적인 퍼지 관계 R_s 를 다음과 같이 정의한다.

$$R_s = \{ \langle (p, s), \mu_{R_s}(p, s), \nu_{R_s}(p, s) \rangle \mid (p, s) \in P \times S \}$$

여기에서 멤버 등급 $\mu_{R_s}(p, s)$ 는 증상 s 가 환자 p 에서 나타나는 정도이며, $\nu_{R_s}(p, s)$ 는 반대로 증상 s 가 환자 p 에서 나타나지 않는 정도이다. 이와 유사하게 관계 R_O 와 R_C 를 다음과 같이 정의한다.

$$R_O = \{ \langle (s, d), \mu_{R_O}(s, d), \nu_{R_O}(s, d) \rangle \mid (s, d) \in S \times D \}$$

$$R_C = \{ \langle (s, d), \mu_{R_C}(s, d), \nu_{R_C}(s, d) \rangle \mid (s, d) \in S \times D \}$$

여기에서 $\mu_{R_O}(s, d)$ 는 질병 d 에서 증상 s 의 출현빈도를 나타내며, $\mu_{R_C}(s, d)$ 는 증상 s 가 나타났을 때 질병 d 를 확신할 수 있는 정도를 나타낸다. 이러한 정의를 이용하여 직관적 퍼지(intuitionistic fuzzy, IF) 척도는 다음과 같이 계산된다.

- (1) 환자 p 의 D_j 출현성 척도 : $R_1 = R_S^* R_O$

$$\mu_{R_1}(p, D_j) = \max_{S_i} \{ \min [\mu_{R_S}(p, S_i), \mu_{R_O}(S_i, D_j)] \}$$

$$\nu_{R_1}(p, D_j) = \min_{S_i} \{ \max [\nu_{R_S}(p, S_i), \nu_{R_O}(S_i, D_j)] \}$$

- (2) 환자 p 의 D_j 확증성 척도 : $R_2 = R_S^* R_C$

$$\mu_{R_2}(p, D_j) = \max_{S_i} \{ \min [\mu_{R_S}(p, S_i), \mu_{R_C}(S_i, D_j)] \}$$

$$\nu_{R_2}(p, D_j) = \min_{S_i} \{ \max [\nu_{R_S}(p, S_i), \nu_{R_C}(S_i, D_j)] \}$$

위와 같이 계산된 퍼지 척도는 진단에 활용될 수 있으며,

$0.5 < \max [\mu_{R_1}(p, d), \mu_{R_2}(p, d)]$ 와 $\max [\nu_{R_1}(p, d), \nu_{R_2}(p, d)] < 0.5$ 을 모두 만족하는 경우에 환자 p 가 질병 d 를 가지고 있는 것으로 판단할 수 있다(Klir and Folger, 1998; 김순기, 1996). 그러나 환자들의 데이터에 대한 신뢰성 문제로 인하여 μ_{R_1} 과 ν_{R_1} 의 정보는 이용에 주의를 기울여야 하며, 대부분의 의사들은 μ_{R_2} 와 ν_{R_2} 의 정보를 더욱 신뢰하는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서도 μ_{R_2} 와 ν_{R_2} 의 정보를 진단에 활용한다.

3. 두통 진단을 위한 인터뷰 차트

두통 진단에서 인터뷰 차트는 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 여러 가지 형태의 두통에 대한 인터뷰 차트 개발이 쉬운 일은 아니다. 본 연구에서 고려하는 3가지 형태의 두통들과 증상들 사이의 관계에 대한 IF 등급이 부여된 인터뷰 차트는 5명의 의사들에 의해 개발, 검토되었으며, 이 차트를 활용하여 환자들이 두통의 어느 형태에 강하게 연관되어 있는지를 판단할 수 있다. 이를 위하여 50명의 환자를 대상으로 실험을 실시한 결과 48명이 일치하여 95% 이상이 일치함을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구자들이 선행연구(안정용 등, 2003)에서 이용한 인터뷰 차트의 실험(120명 대상 중 104명 일치)의 결과와 비교하여 8% 정도의 개선된 결과를 보여주는 것이다. 물론 선행연구의 결과와 직접 비교하는 것은 환자의 구성 및 실험여건 등 몇 가지 문제가 있을 수 있으나 개발된 차트가 환자를 진단할 때 유용한 도구로 활용할 수 있음을 나타낸다. 본 연구에서 개발된 개선된 인터뷰 차트 및 각 항목의 IF 등급은 <표 1>, <표 2>, <표 3>과 같다.

<표 1> 편두통

번호	항 목	퍼지 등급					
		migraine		tension-type		cluster	
		μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}
1	Positive family history of headache	0.6	0.2	0.3	0.5	0.3	0.6
2	At least five attacks fulfilling 3-9	0.9	0.1	0.2	0.7	0.2	0.7
3	Headache lasting 4-72 hrs	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.5
4	Unilateral location	0.7	0.2	0.3	0.6	0.3	0.6
5	Throbbing type of pain	0.6	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4
6	Moderate to severe intensity	0.6	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3
7	Aggravation by routine physical activity	0.6	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4
8	Nausea and/or vomiting	0.7	0.2	0.3	0.6	0.5	0.5
9	Photophobia and phonophobia	0.7	0.2	0.4	0.5	0.4	0.5
10	Daily life difficulty due to headache	0.6	0.2	0.4	0.5	0.5	0.2
11	Begin at childhood, adolescent, or twenties	0.6	0.2	0.5	0.4	0.5	0.4
12	Frequent nausea sense, abdominal pain during childhood	0.7	0.2	0.2	0.6	0.3	0.5
13	Severe motion sickness during childhood	0.7	0.1	0.2	0.6	0.1	0.8
14	Aggravated by specific food	0.6	0.3	0.2	0.7	0.2	0.7
15	Aggravated by bending posture	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5
16	Aggravated during menstruation (women)	0.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
17	Triggered by fasting (more than 6hours)	0.6	0.3	0.2	0.6	0.3	0.6
18	Symptoms free during inter-headache periods	0.7	0.2	0.4	0.6	0.6	0.2
19	Exhausted for several hours or days	0.6	0.2	0.2	0.7	0.4	0.5
20	Antecedent visual or somatosensory symptoms	0.8	0.2	0.3	0.8	0.3	0.7

<표 2> 긴장형두통

번호	항 목	퍼지 등급					
		migraine		tension-type		cluster	
		μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}
1	At least 10 previous headache episodes fulfilling criteria (2-8) below.	0.4	0.6	0.9	0.1	0.1	0.8
2	Headache lasting from 30min to 7 days	0.3	0.6	0.7	0.2	0.5	0.2
3	Pressing/tightening(non-pulsating) quality	0.4	0.5	0.7	0.1	0.3	0.6
4	Mild or moderate intensity	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.4
5	Bilateral headache	0.4	0.6	0.7	0.1	0.3	0.7

<표 2> 긴장형두통(계속)

번호	항 목	퍼지 등급					
		migraine		tension-type		cluster	
		μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}
6	No aggravation by walking stairs or similar routine physical activity	0.3	0.6	0.6	0.3	0.3	0.6
7	No nausea or vomiting	0.3	0.6	0.6	0.3	0.4	0.5
8	Photophobia and phonophobia are absent	0.3	0.6	0.5	0.4	0.3	0.6
9	Trigger points at posterior neck or occipital area	0.3	0.5	0.7	0.2	0.1	0.9
10	Rarely awake due to headache	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.7
11	Headache associated posterior neck and shoulder pain	0.3	0.7	0.7	0.2	0.1	0.8
12	Relieved by neck massages or compress	0.2	0.7	0.6	0.2	0.1	0.7
13	Induced or aggravated by postures such as typing, driving, reading	0.3	0.6	0.7	0.2	0.1	0.8
14	Depressive mood change	0.4	0.5	0.6	0.2	0.2	0.6
15	Physical or psychic rests relieve headache	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5

<표 3> 군발성두통

번호	항 목	퍼지 등급					
		migraine		tension-type		cluster	
		μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}	μ_{R_c}	ν_{R_c}
1	Occurs in periods lasting 7 days to 1 year separated by pain-free periods lasting 1 month	0.4	0.3	0.3	0.3	0.8	0.2
2	Severe unilateral orbital, supraorbital, temporal pain lasting 15 min to 3 hours.	0.5	0.4	0.3	0.5	0.8	0.2
3	Frequency; one every second day to eight per day	0.5	0.4	0.2	0.6	0.8	0.2
4	Aggravated by alcohol consumption	0.6	0.3	0.2	0.7	0.7	0.1
5	Lacrimation	0.3	0.6	0.1	0.7	0.8	0.1
6	Conjunctival injection	0.6	0.3	0.1	0.6	0.8	0.1
7	Ipsilateral nasal congestion	0.3	0.6	0.1	0.8	0.8	0.1
8	Forehead sweating or partial Honer's syndrome	0.3	0.6	0.1	0.8	0.8	0.1
9	No symptoms during inter-ictal periods	0.6	0.3	0.4	0.3	0.7	0.3
10	Restlessness and irritability due to severe headache	0.5	0.4	0.2	0.6	0.7	0.2
11	Begin after twenties	0.3	0.5	0.4	0.3	0.7	0.3
12	Sudden occurrence without warning signs	0.3	0.6	0.4	0.5	0.7	0.2
13	Smoker or heavy alcoholics	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4

4. 분석 예

환자를 면담한 의사에 의해 할당되는 증상의 정도인 $\mu_{R_c}(p, s)$ 와 인터뷰 차트에 부여된 IF 등급 $\mu_{R_c}(s, d), \nu_{R_c}(s, d)$ 를 이용하여 환자를 진단하는 예를 제시한다. 일반적으로 $\nu_{R_c}(p, s) = 1 - \mu_{R_c}(p, s)$ 로 생각해도 진단에 크게 영향을 미치지 않으므로 여기에서는 이러한 관계를 이용한다.

(예 1) 환자 A와 면담을 통해 증상의 정도를 파악하고 인터뷰 차트를 작성하였다. 증상의 정도는 <표 4-1>과 같았으며, 인터뷰 차트에서 증상이 확실한 항목은 편두통의 (3, 4, 5, 11, 12, 16, 18) 번으로 나타났고 다른 증상은 발견되지 않았다.

<표 4-1> 증상의 정도(환자 A) : $\mu_{R_c}(A, s)$

정도(%)	90	80	70	60
편두통 항목	18	3, 16	11	4, 5, 12

이 증상에 따른 진단 결과는 편두통 <0.6, 0.3>, 긴장형두통 <0.2, 0.6>, 군발성두통

<0.3, 0.6>로 나타난다. 따라서 환자 A는 편두통으로 진단할 수 있다. 물론 긴장성두통과 군발성두통의 가능성을 전혀 배제하지는 않으나 그 가능성은 매우 낮게(0.2, 0.3 정도) 할당된다.

<표 4-2> 증상의 IF 등급(환자 A) : $\mu_{R_c}(s, d)$

IF 등급(%)	90	80	70	60	50
편두통 항목			4, 12, 16, 18	3, 5, 11	
긴장형두통 항목					5, 11
군발성두통 항목				18	5, 11, 16

(예 2) 환자 B는 A와는 다른 증상들을 호소하였는데 증상의 정도는 <표 5-1>과 같았으며, 인터뷰 차트에서 증상이 확실한 항목은 긴장형두통의 (2, 3, 4, 5, 7, 9, 14) 번으로 나타났다.

<표 5-1> 증상의 정도(환자 B) : $\mu_{R_s}(B, s)$

정도(%)	90	80	70	60
긴장형두통 항목	4	3, 5, 9	2, 14	7

이 증상에 따른 진단 결과는 긴장형두통 <0.6, 0.3>, 편두통 <0.3, 0.6>, 군발성두통 <0.1, 0.9>로 나타난다. 따라서 환자 B는 긴장성 두통으로 진단할 수 있다. 환자 B와 관련된 증상들의 IF 등급은 <표 5-2>와 같다.

<표 5-2> 증상의 IF 등급(환자 B) : $\mu_{R_c}(s, d)$

IF 등급(%)	90	80	70	60	50
긴장형두통 항목			2, 3, 5, 9	4, 7, 14	
편두통 항목					4
군발성두통 항목					2

(예 3) 다른 두통 환자인 환자 C는 34세 남자 환자로서 3년 전부터 간혹 극심한 두통이 발생하였다. 특징적인 현상은 과음을 한 다음날 악화되는 양상이 있었고 항상 눈의 충혈, 코막힘, 콧물 등의 증상과 동반되었다. 증상의 정도는 <표 6-1>과 같았으며, 인터뷰 차트에서 증상이 확실한 항목은 군발성두통의 (1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13) 번으로 나타났다

<표 6-1> 증상의 정도(환자 C) : $\mu_{R_s}(C, s)$

정도(%)	90	80	70	60
군발성두통 항목	6, 7, 9, 11	1, 2, 4	10	13

이 증상에 따른 진단 결과는 군발성두통 <0.5, 0.4>, 편두통 <0.3, 0.6>, 긴장형두통 <0.1, 0.7>으로 나타난다. 따라서 환자 C는 군발성두통으로 진단할 수 있으며 관련된 증상들의 IF 등급은 <표 6-2>와 같다.

<표 6-2> 증상의 IF 등급(환자 C) : $\mu_{R_c}(s, d)$

IF 등급(%)	90	80	70	60	50
군발성두통 항목		1, 2, 6, 7,	4, 9, 10, 11		13
편두통 항목				4, 6, 9	2, 10
긴장형두통 항목					

(예 4) 환자 D는 위의 환자들과는 다르게 여러 가지 증상을 호소했고, 증상의 정도는 <표 7-1>과 같았으며, 인터뷰 차트에서 3 가지 형태의 두통에 대해 증상이 확실한 항목이 다음과 같이 나타났다.

- 편두통 : (5, 8, 18, 19) 번 항목
- 긴장형두통 : (3, 5, 10, 14) 번 항목
- 군발성두통 : (4, 11, 13) 번 항목

<표 7-1> 증상의 정도(환자 D) : $\mu_{R_d}(D, s)$

정도(%)	90	80	70	60	50
편두통 항목		8	5, 18	19	
긴장형두통 항목	10	3, 5		14	
군발성두통 항목			4, 11	13	

환자 D의 이러한 증상에 따른 진단 결과는 편두통 <0.6, 0.3>, 긴장형두통 <0.5, 0.3>, 군발성두통 <0.5, 0.4>로 나타난다. 따라서 환자 D는 세 가지의 두통을 모두 가지고 있는 것으로 진단한다. 또한 두통별 증상 각각에 대해 다음과 같이 해석할 수 있다.

- ① 편두통의 증상으로 나타난 (5, 8, 18, 19) 번 항목에 의한 결과는 편두통 <0.6, 0.3>, 긴장형두통 <0.2, 0.7>, 군발성두통 <0.4, 0.5>
- ② 긴장형두통의 증상으로 나타난 (3, 5, 10, 14) 번 항목에 의한 결과는 긴장형두통 <0.5, 0.3>, 편두통 <0.4, 0.6>, 군발성두통 <0.2, 0.7>
- ③ 군발성두통의 증상으로 나타난 (4, 11, 13)번 항목에 의한 결과는 군발성두통 <0.5, 0.4>, 편두통 <0.3, 0.5>, 긴장성두통 <0.2, 0.7>으로 나타난다. 환자 D와 관련된 증상들의 IF 등급은 <표 7-2>와 같다.

<표 7-2> 증상의 IF 등급(환자 D) : $\mu_{R_c}(s, d)$

IF 등급(%)	90	80	70	60	50
편두통 항목			8, 18,	5, 19	
긴장형두통 항목					5
군발성두통 항목					5, 8, 18

IF 등급(%)	90	80	70	60	50
긴장형두통 항목			3, 5	14	10
편두통 항목					
군발성두통 항목					

IF 등급(%)	90	80	70	60	50
군발성두통 항목			4, 11		13
편두통 항목				4	
긴장형두통 항목					

5. 결론

본 연구에서는 두통과 증상 사이의 관계를 이용하여 환자의 질병을 진단할 수 있는 의학적 진단 방법을 제안하였다. 이를 위하여 두통의 병력 청취를 기본으로 각각의 증상에 직관적 퍼지(IF) 등급을 부여한 인터뷰 차트(interview chart)를 개발하였으며, 이러한 도구의 활용은 질병에 대한 효과적인 진단 및 의사들의 판단에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점은 일차성 두통의 3가지 형태만을 고려하였기 때문에 연구 결과의 활용이 제한적이라는 것이다. 비록 본 연구에서 고려한 세 가지 형태의 두통이 가장 많이 발생하기는 하지만 일반화를 위해서는 더 많은 형태의 두통이 고려되어야 하며 이는 향후 과제로 남긴다.

References

1. 권순억 (2003). 편두통의 진단, 대한 두통학회지, Vol. 4, 22-29.
2. 김순기 (1996). Three Inference Methods in Fuzzy Differential Diagnosis of Headache, *The Third World Conference on Expert Systems*, Vol. 1, 73-80.
3. 안정용, 김영현, 김순기 (2003). A Fuzzy Differential Diagnosis of Headache Applying Linear Regression Method and Fuzzy Classification, *IEICE Trans. INF. & SYST.*, Vol. E86-D, 2790-2793.
4. Adlassnig, K. P. (1986). Fuzzy Set Theory in Medical Diagnosis, *IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics SMC*, Vol. 16, 260-265.
5. Atanassov, K. (1994). New Operations Defined over the Intuitionistic Fuzzy Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 61, 137-142.
6. Goadsby, P. J. and Mathew, N. T. (2000), Clinical Approach to the Headache Patient, *The Headaches*, 2nd edition, Philadelphia.
7. Klir, G. J. and Folger, T. A. (1998). *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Prentice Hall.
8. Lipton, R. B., Bigal, M. E., Steiner, T. J., Silberstein, S. D. and Olesen, J. (2004), Classification of Primary Headache, *Neurology*, 63, 427-435.

9. Sanchez, E. (1976). Resolution of Composite Fuzzy Relation Equations, *Information and Control*, Vol. 30, 38-48.
10. Smets, P. (1981). Medical Diagnosis: Fuzzy Sets and Degrees of Belief, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 5, 259-266.
11. Stephen, D. S., Richard, B. L. and Peter, J. G. (2002). *Headache in clinical practice*, Martin Dunitz Ltd, 2nd edition, London.

[2007년 4월 접수, 2007년 5월 채택]