

Association-Based Knowledge Model for Supporting Diagnosis of a Capsule Endoscopy

Gyubon Hwang[†] · Ye-Seul Park^{**} · Jung-Won Lee^{***}

ABSTRACT

Capsule endoscopy is specialized for the observation of small intestine that is difficult to access by general endoscopy. The diagnostic procedure through capsule endoscopy consists of three stages: examination of indicant, endoscopy, and diagnosis. At this time, key information needed for diagnosis includes indicant, lesions, and suspected disease information. In this paper, these information are defined as semantic features and the extracting process is defined as semantic-based analysis. It is performed in whole capsule endoscopy. First, several symptoms of patient are checked before capsule endoscopy to get some information on suspected disease. Next, capsule endoscopy is performed by checking the suspected diseases. Finally, diagnosis is concluded by using supporting information. At this time, some association are used to conclude diagnosis. For example, there are the disease association between the symptom and the disease to identify the expected disease, and the anatomical association between the location of the lesion and supporting information. However, existing knowledge models such as MST and CEST only lists the simple term related to endoscopy and cannot consider such semantic associations. Therefore, in this paper, we propose association-based knowledge model for supporting diagnosis of capsule endoscopy. The proposed model is divided into two; a disease model and anatomical model of small intestine, interesting area(organs) of capsule endoscopy. It can effectively support diagnosis by providing key information for capsule endoscopy.

Keywords : Capsule Endoscopy, Diagnosis Support, Small Intestine, Knowledge Model, Modeling

캡슐내시경 검사의 진단 보조를 위한 연관성 기반 지식 모델

황 규 본[†] · 박 예 슬^{**} · 이 정 원^{***}

요 약

캡슐내시경 검사는 일반적인 내시경의 접근이 어려운 소장을 관찰하는 데 특화되어 있다. 캡슐내시경 검사를 통한 진단 과정은 크게 적응증 판단, 내시경 검사, 진단의 세 단계로 이루어진다. 이 때, 진단을 위해 필요한 핵심 의료 정보로는 적응증, 병변, 질환 정보가 있다. 본 논문에서는 이와 같은 핵심 정보를 의미적 특징 정보, 이를 추출하는 과정을 의미 기반 분석이라 정의한다. 이와 같은 의미 기반 분석은 내시경 검사 전 과정에 걸쳐 수행된다. 먼저 캡슐내시경 검사에 앞서 환자의 증상을 확인하여 예상 질병 정보를 획득한다. 다음, 획득한 정보를 기반으로 캡슐내시경 검사를 실시한 후 발견된 병변의 위치와 진단을 위한 조직, 혈관, 산도와 같은 보조 정보들을 활용하여 최종 진단을 내린다. 이때, 예상 질병을 확인하기 위한 증상과 질병 간의 연관성이나 병변의 위치로부터 확인해야 할 보조 정보 간의 해부학적 연관성이 고려되어야 한다. 그러나 기존의 내시경 관련 의료 정보 표준과 같은 지식 모델은 단순히 내시경 검사와 관련된 용어들이 나열된 형태로 의미적 연관성이 고려되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 캡슐내시경 검사의 진단 보조를 위한 의미적 연관성 기반의 지식 모델을 제안한다. 제안하는 모델은 캡슐내시경 검사의 주요 대상 기관인 소장 특화된 질병 모델과 해부학 모델로, 캡슐내시경 검사를 위한 효과적인 의료 정보 제공을 가능케 한다.

키워드 : 캡슐내시경, 진단 보조, 소장, 지식 모델, 모델링

1. 서 론

위암과 대장암은 국내 암 발생률 중 2, 3위를 차지할 정

도로 우리나라에서 갑상선암을 제외하고 가장 많이 발병하는 소화기 암이다[1]. 이러한 소화기 질병을 조기에 발견하는 것이 중요해짐에 따라 내시경 검사의 중요성도 증가하고 있다. 그러나 일반 내시경 검사는 환자에게 고통과 불쾌감 뿐만 아니라 대장천공과 같은 질환을 유발할 수 있다는 단점이 있다. 캡슐내시경은 이와 같은 단점을 보완하기 위해 개발된 캡슐 형태의 내시경을 말한다. 캡슐내시경은 공기를 주입하여 내장을 충분히 펼쳐 볼 수 없기 때문에 진단의 정확도가 떨어진다는 한계를 갖다. 하지만 일반 내시경으로는

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2016-0-00309-002).

† 준 회 원 : 아주대학교 전자공학과 석사과정

** 준 회 원 : 아주대학교 전자공학과 박사과정

*** 종신회원 : 아주대학교 전자공학과 교수

Manuscript Received : July 17, 2017

Accepted : September 10, 2017

* Corresponding Author : Jung-Won Lee(jungwony@ajou.ac.kr)

접근하기 어려운 소장을 관찰할 수 있기 때문에 소장 관련 질환을 진단하기 위하여 많이 사용되고 있다[2].

캡슐내시경을 통한 진단 과정은 Fig. 1과 같이 크게 다음의 세 과정으로 이루어진다[3]. 먼저 환자가 병원에 방문하면 의사는 환자의 성별, 병력, 증상, 다른 임상 검사 결과 등의 환자 정보를 통해 캡슐내시경 검사를 해야 하는 원인을 파악하여 적응증을 판단한다. 적응증은 치료 효과가 기대되는 병이나 증상을 의미한다. 다음으로 캡슐내시경 검사를 통해 영상으로부터 발견되는 이상성을 분석하여 병변의 종류, 위치 등의 정보를 확인한다. 마지막으로 앞에서 획득한 모든 정보들을 종합하여 질병 및 처치 방법 등 진단을 내리게 된다[3]. 본 논문에서는 이때 각 과정에서 추출되는 적응증, 병변, 질병과 같이 진단을 내리기 위한 핵심 정보들을 의미적 특징 정보라고 정의한다. 의미적 특징 정보는 검사의 전 과정에 걸쳐 다양한 의료 정보간의 연관성을 기반으로 추출된다. 이와 같은 과정을 의미 기반 분석이라 정의한다.

이러한 캡슐내시경 검사의 의미 기반 분석을 보조하기 위한 지식 모델로서 MST(Minimal Standard Terminology)와 CEST(Capsule Endoscopy Structured Terminology)가 존재한다. MST는 정보들을 다양한 시스템에서 통용될 용어로 표현하기 위한 표준 용어들을 정의한 것이다[4]. CEST는 MST의 규칙에 따라 캡슐내시경 결과에 대한 보고서 항목과 소견 기술에 사용될 용어를 체계적으로 정의한 것이다[5]. 이렇게 규격화된 정보들은 내시경 정보 시스템(EIS, Endoscopic information system)과 병원 정보 시스템(HIS, Hospital information system)에 저장되어 관리된다[3].

하지만 각각의 의료 지식 모델에 산재된 정보들은 의미적 연관성이 고려되지 않은 상태로 나열되어 있다. 따라서 의료 정보들로부터 의미 기반 분석을 통한 의미적 특징을 추출하는 과정은 전문가의 사고 과정을 통해서만 이루어지고 있는 상황이다. 캡슐내시경 검사의 진단 보조를 위해서는 고려되어야 할 몇 가지 의미적 연관성이 존재한다. 첫째, 캡슐내시경 검사 이전에 캡슐내시경 검사 범위와 진행 여부를 판단하기 위한 적응증을 파악해야 한다. 이를 위해서는 환자의 증상과 예상되는 질병 사이의 연관성이 고려되어야 한

다. 둘째, 캡슐내시경 검사 이후에 캡슐내시경 영상을 관독한 결과로부터 진단을 내리기 위해, 부수적으로 필요한 임상 정보들이 존재한다. 예를 들면 분비물, 산도와 같은 임상 정보는 병변의 발생 위치에 따라 상이하다. 그러므로 병변의 발생 위치에 따른 보조 정보(조직학 구조, 분비물, 산도 등)와의 연관성인 해부학 연관성이 고려되어야 한다. 그러나 MST와 CEST와 같은 기존의 의료 정보 모델에서는 이와 같은 의미적 연관성이 결여되어 효과적인 의료 정보 제공에 한계를 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 연관성이 고려된 지식 모델을 제안하고자 한다. 제안하는 모델은 각각 질병 연관성과 해부학 연관성을 분석하여 모델로 구축한 것으로 지식 정보를 체계적으로 구축함에 따라 진단에 필요한 정보를 획득하여 활용할 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 연구들을 소개한다. 3장에서는 의미적 특징 정보를 추출하기 위한 연관성을 분석한다. 4장에서는 의미 기반 분석을 위한 소장 기관 중심 지식 모델을 제안하며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 캡슐내시경 관련 의료 정보 시스템

의료 정보를 기록하는 데 있어 컴퓨터 사용이 증가함에 다양한 시스템에서 공통으로 사용될 수 있는 표준 용어의 정의가 필요해졌다. MST는 세계내시경협회(WEO, World Endoscopy Organization)에서 제시한 내시경 데이터의 전자 기록에 필요한 표준 내시경 용어집으로 내시경 자료를 데이터베이스화하고 다른 시스템 간 공유를 가능하게 한다[4]. MST 3.0 판에는 해부학적 구조, 발견(finding), 검사원인, 진단, 조치 등의 내시경 검사의 전반적인 과정에서 필요한 용어들을 기술하고 있다. MST가 위내시경, 대장내시경 등 전반적인 내시경 데이터를 위한 표준 용어라면 CEST는 캡슐내시경을 위해 개발된 표준 용어이다. MST의 규칙을 따라 개발되었으며 보고서의 항목과 소견 기술에 사용될 용어를 체계적으로 구성하여 캡슐내시경의 관독이 좀 더 보편적이고 일반화 될 수 있는 기반을 제공하고 있다[6]. CEST는 크게 보고서 구조와 내용에 대한 용어들을 정의하고 있다. MST와 다르게 보고서 항목들을 제시하였으며 캡슐내시경의 위치를 기술하기 위한 용어들이 추가되었다.

이러한 표준 용어들에 의해 작성된 보고서와 캡슐내시경 검사로 얻어진 이미지들은 Fig. 2와 같이 내시경 정보 시스템(내시경 소프트웨어)에 저장되어 병원 정보 시스템 사이에서 공유된다[3]. 이 때, 문서로 작성되는 보고서는 Table 1의 항목들에 의해 작성된다[5]. 하지만 이와 같은 정보를 기술하기 위한 기존의 의료 정보 모델은 핵심 의료 정보인 적응증과 같은 의미적 특징 정보를 추출하기 위한 연관성이 고려되지 않고, 단순히 지식 정보가 나열된 형태이다. 따라서 본 논문에서는 기존의 열거된 지식 정보의 연관성을 분

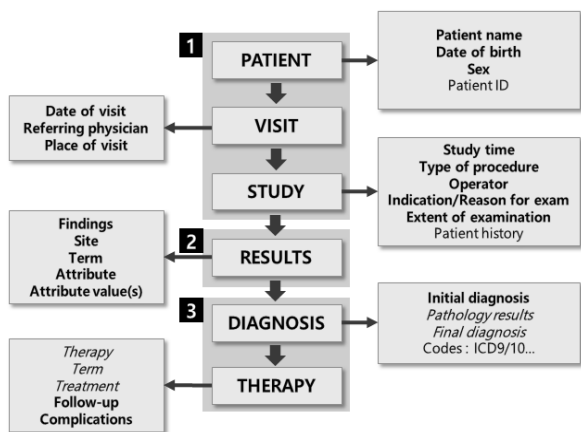


Fig. 1. Procedure of Diagnosis

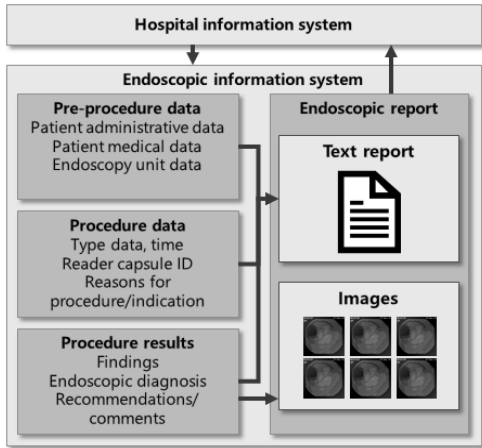


Fig. 2. Data Flow Between HIS and EIS

Table 1. Report Structure

Data fields
Patient name
Date of birth
Sex
Patient ID
Study date (date of procedure)
Study type (capsule type)
Capsule ID
Physician/provider
Patient history
Clinical indication
ICD indication*
Extent of examination
Complication
Findings
Diagnostic impression
Diagnosis ICD
Recommendation

*ICD : International Classification of Diseases

석하여, 의미적 특징 정보를 얻기 위한 정보간의 연관성을 모델링함으로써 유의미한 정보를 제공케 한다.

2.2 의미 기반 분석

본 논문의 선행 연구에서는 의료 영상의 의미 기반 분석을 정의함으로써 캡슐내시경 영상의 판독 과정을 이해하고 그것에 필요한 지식 모델을 구축하는 기법에 대해 연구하였다. 캡슐내시경 검사는 8~12 시간의 캡슐내시경 영상을 판독하며 이루어진다. 촬영된 영상으로부터 영상 처리 과정을 거쳐 색상, 질감, 모양 등의 시각적 정보를 얻을 수 있다. 또한 시각적 정보와 더불어 촬영 날짜, 촬영 시간 등의 메타데이터가 함께 얻어진다[7]. 이와 같은 정보를 바탕으로 의사는 의료 영상을 분석하여 병변의 위치, 상태, 질병과 같은 영상에 내재된 정보를 추출한다.

최근에는 이와 같은 의미적 특징 추출을 보조하기 위한 다양한 연구들이 수행되고 있다. [8, 9]의 연구에서는 이미지

특징 정보의 추출을 보조할 수 있도록 방대한 양의 영상으로부터 시각적인 특징들을 빠르게 얻을 수 있는 연구가 수행되었다. 하지만 이미지 특징을 추출하는 것에 국한되어 의미적 특징을 추출하기 위해서는 추가적인 방법이 필요하다. [10, 11]에서는 의료 영상으로부터 해부학적인 지식 정보나 병리학적인 지식 정보를 활용하여 의미적 특징 정보를 추출하는 연구가 수행되었다. 하지만 [10, 11]은 일반적인 의료 영상에 대해 초점을 맞춰 캡슐내시경 영상과 관련된 소화기관에 특화된 도메인 지식 정보가 결여되어 있다. 따라서 본 논문에서는 캡슐내시경 영상의 의미 기반 분석을 수행하기 위해 진단 과정에 필요한 의료 정보를 추출하고, 이와 관련된 구체적인 연관성을 정의한 의료 정보 모델을 제안한다.

3. 캡슐내시경의 의미적 연관성 분석

캡슐내시경 진단의 전반적인 과정에 걸쳐 이루어지는 의미 기반 분석을 통해 각 과정에서는 진단에 필요한 필수적인 의미적 특징 정보가 추출된다. 본 논문에서는 캡슐내시경 영상 판독 이전과 이후 과정에 대한 의미 기반 분석 과정에서 추출되는 의미적 특징과 이를 추출할 수 있는 의미적 연관성을 분석한다.

3.1 캡슐내시경 영상 판독 이전

영상 판독 이전 과정에서는 환자의 성별, 병력, 증상, 다른 임상 검사 결과 등의 정보로부터 캡슐 내시경 검사를 해야 하는 원인, 즉 적응증을 확인한다. 적응증이란 치료 효과가 기대되는 병이나 증상을 의미한다. 예를 들어 크론병이 의심되어 캡슐내시경 검사를 수행할 시 적응증은 크론병이 된다. 진단 과정에서 적응증을 확인하는 것은 매우 중요하다. 적응증에 해당하는 질병이 캡슐내시경으로 관찰 가능한 질병인지 확인할 수 있으므로 이 과정을 통해 캡슐내시경 검사의 진행 여부를 결정할 수 있기 때문이다. 예를 들어 장폐색과 같은 질병의 경우 캡슐내시경이 체외로 배출되지 않을 위험이 있어 캡슐내시경 검사가 불가능하므로 적응증 확인은 필수적이다. 또한 적응증을 확인함으로써 캡슐내시경 검사의 범위를 축소시킬 수 있으므로 효율적인 진단이 가능해질 수 있다. 따라서 이와 같은 적응증은 의미적 특징 정보가 된다. 이러한 적응증을 확인하기 위해서는 검사 이전에 확인할 수 있는 환자 정보(증상, 성별 등)로부터 예상 질병을 추론할 수 있어야 한다. 이와 같은 관계는 Equation (1)로 표현할 수 있다.

$$S \rightarrow D \tag{1}$$

S: Symptoms of Suspected Disease
D: Suspected Disease

Equation (1)을 통해 다음과 같이 예상 질병을 도출할 수 있다.

$$\{Abdominal\ pain, Anemia, Weight\ loss\} \rightarrow Celiac\ disease \tag{2}$$

위의 예시는 복통(Abdominal pain), 빈혈(Anemia), 체중 감소(Weight loss)의 증상이 나타났을 시 셀리악병(Celiac disease)을 의심할 수 있음을 의미한다. 본 논문에서는 MST와 CEST에 수록된 용어들을 기준으로 증상-질병간의 연관성을 분석하여 예상 질병과 관련된 증상을 순서쌍으로 나타내고 이것을 질병 연관성으로 정의한다.

3.2 캡슐내시경 영상 판독 이후

캡슐내시경 영상을 판독하기 위해, 의사는 가장 먼저 캡슐 내시경의 위치를 파악한다. 즉, 캡슐내시경의 주요 관찰 기관인 소장의 위치를 기술할 수 있는 해부학적 정보는 다른 의료 정보들과 연관될 수 있는 중심 정보가 된다. 그러므로 본 논문에서는 이와 같은 소장의 해부학적 위치 정보를 중심 정보(Core Information)라 정의하였으며, 소장의 중심 정보 구성은 3가지 기관(십이지장, 공장, 회장)으로 이루어진다. 영상 판독 과정을 통해 이와 같은 소장의 각 기관에서는 6가지 형태(내강, 내용물, 점막, 평평한 병변, 용기성 병변, 침강형 병변)의 병변 정보들이 발견될 수 있다[4]. 또한, 영상 판독 이후 과정에서는 이러한 병변 정보와 함께 의료 지표로 활용될 수 있는 부수적인 정보가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 이 과정에서 활용될 수 있는 의료 지표를 해부학 모델의 보조 정보(Supporting Information)로 정의하였으며, 소장의 해부학 구조를 중심으로 4개의 보조 정보(조직학 구조, 혈액 공급과 관련된 혈관 구조, 소장의 분비물, 산도)를 추출하였다. 이를 통해, 병변의 위치와 보조 정보 간의 의미적 연관성은 다음과 같은 수식으로 정의될 수 있다.

$$L \rightarrow SI \tag{3}$$

L: Location of finding in Core Information
SI: Supporting Information

Equation (3)은 다음과 같은 의미를 갖는다. 병변의 위치 (*L*)는 캡슐이 발견될 수 있는 위치 정보로, 중심 정보를 통해 기술될 수 있다. 이와 같은 병변의 정보와 관련된 보조 정보(*SI*)는 해부학 구조를 기준으로 추가적인 요소로 추출한 조직학 구조(Histology), 혈관 구조(Blood supply), 분비물(Secretion), 산도(pH)의 네 가지 정보가 있다. 다음은 이를 통해 기술될 수 있는 연관성 예시이다(Equations (4)~(7)).

$$Jejunum \rightarrow \{Serosa, Submucosa \dots\} \tag{4}$$

$$Jejunum \rightarrow \{jejunal\ arteries, \dots\} \tag{5}$$

$$Jejunum \rightarrow \{Amylase, maltase, \dots\} \tag{6}$$

$$Jejunum \rightarrow \{pH \mid 7 \leq pH \leq 9\} \tag{7}$$

병변이 공장에서 발견되었다면 용모막(Serosa), 점막하층(Submucosa)과 같은 조직학적 정보와 해부학적 연관성을 갖고 있다(Equation (4)). 또한, 혈관 정보인 빈창자동맥(Jejunal arteries), 빈창자정맥(Jejunal veins) 등과 혈관 구조적 연관성을 갖고 있다(Equation (5)). 또한 아밀라아제(Amylase), 말타아제(Maltase) 등의 분비물 정보와의 연관

성(Equation (6))이나 산도 정보로서 pH가 7~9 사이의 정상 수치와의 연관성이 존재한다(Equation (7)).

이와 같은 의미적 연관성을 해부학 연관성으로 정의하며 이것을 통해 병변의 속성이나 질병을 판단하기 위하여 추가로 확인해야할 정보들을 알 수 있다. 다음 장에서는 본 논문에서 분석한 연관성에 따라 구축한 질병 모델과 해부학 모델을 소개한다.

4. 캡슐내시경 진단 보조를 위한 지식 모델

4.1 질병 모델(Disease model)

질병 연관성에 따라 구축한 질병 모델은 캡슐내시경 검사의 원인이 되는 질병으로 MST에 수록된 8개의 용어와 CEST에 수록된 3개의 용어를 추가하여 총 11개의 순서쌍으로 나타낼 수 있다. 구축한 모델을 표로 나타내면 Table 2와 같다. Table 2는 상관관계를 나타낼 수 있는 11개의 증상과 11개의 예상 질병을 요소로 가지며 이러한 요소들은 다음과 같은 연관성으로 나타낼 수 있다.

- DR01 : {S10} → D01
- DR02 : {S01, S04, S06} → D02
- DR03 : {S04, S05, S07, S08, S09} → D03

Table 2. Disease Model

	ID	Term
Sign and Symptoms	S01	Abdominal distress/pain
	S02	Vomiting
	S03	Melena
	S04	Anemia
	S05	Diarrhea
	S06	Weight loss
	S07	Fever
	S08	Elevation of leukocytes
	S09	CRP(C-reactive protien)
	S10	Intestinal bleeding
	S11	Long-term NSAID intake
Suspected diagnosis	D01	Angiectasia
	D02	Celiac disease
	D03	Crohn's disease
	D04	Hereditary polyposis syndrome
	D05	Lymphoma
	D06	NSAID enteropathy
	D07	Polyyps
	D08	Tumor
	D09	Ischemia
	D10	Stricture
	D11	Mass

4.2 해부학 모델(Anatomy model)

해부학 연관성에 따라 구축한 해부학 모델은 소장의 구조(중심 정보)를 중심으로 조직학 구조(Histology), 혈액 공급과 관련된 혈관 구조(Blood supply), 소장의 기능을 조절하는 효소와 호르몬에 대한 분비물(Secretion), 장내 박테리아와 관련된 산도(pH) 총 4가지 분류의 보조 정보를 나타낸다. 구축한 모델을 표로 나타내면 Table 3과 같다. Table 3은 중심 정보와

보조 정보의 구성을 나타낸 분류표로서, 이를 통해 Equation (3)에서 정의한 연관성을 나타낼 수 있다. Equations (4)~(7)의 예시를 모델의 요소로 표현하면 다음과 같으며, 이와 같은 정보를 사용해 진단을 위한 보조 정보로 활용될 수 있다.

- AR[CI-J] → {SI-H, {SI-B-12300, SI-B-21110}, SI-S, SI-P-21000}

4.3 모델 평가 및 적용

본 논문에서는 제안한 지식 모델을 기존의 의료 정보 모델과 비교하고 이를 통한 모델 평가를 수행하였다. 평가 항목은 데이터 표현성, 데이터 연관성이다. 이에 따라 기존의 의료 정보 모델인 MST, CEST와 본 논문에서 제안하는 지식 모델을 비교·평가 하였다.

- 데이터 표현성 : 데이터 표현성은 각 모델에서 다루고 있는 데이터 범주의 종류를 평가한 것으로 세 모델 모두 해부학적 구조, 증상, 질병에 대한 정보들을 다룬다.
- 데이터 연관성 : 데이터 사이의 연관성 유무를 평가한 것으로 기존 모델인 MST와 CEST에서는 나타나지 않으나 제안한 모델에는 증상-질병간의 연관성 및 병변 위치-보조 정보간의 연관성이 나타나 있다.

따라서 본 논문에서 제안하는 지식 모델은 데이터 표현성에 있어 기존 모델들과 동일한 데이터 범주를 다루고 있으나, 단순한 정보의 나열인 기존 모델들과 달리 데이터 사이의 연관성을 고려하고 있다. 이로 인해 제안하는 모델은 의미적 연관성을 기반으로 진단에 필요한 정보를 제공할 수

Image Information		Core Information			
	Location	Jejunum			
	Findings	None			
	Supporting Information				
	Histology	Serosa	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
		Muscularis propria	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
		Submucosa	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
	Blood supply	Mucosa	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
		Jejunal artery	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
	Secretion	Jejunal vein	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
		Amylase	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
		Maltase	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
	pH	Sucrase	No specific information	Abnormal <input type="checkbox"/>	Normal <input checked="" type="checkbox"/>
6.7 (acid)			Abnormal <input checked="" type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	
		Diagnosis		Recommendation	
		Normal in image Suspected bacterial overgrowth.		Additional inspection required	

Fig. 3. Example of the Anatomy Model Usage for Diagnosing Capsule Endoscopy

있어 기존 모델보다 효과적인 진단 보조가 가능할 것이다. 이러한 모델을 적용하여 캡슐내시경 검사의 진단을 보조하는 예는 Fig. 3과 같다.

기본적으로 제공되는 정보로는 영상 정보가 있다. 이미지 정보로는 색상 히스토그램, RGB 평균 등의 정보와 캡슐내시경의 소장 통과 시간과 같은 메타데이터가 포함된다. 이와 같은 정보를 통해, 의사는 이미지가 촬영된 위치나 발견된 병변과 같은 중심 정보를 도출한다. 이 때, 구성되는 관찰 정보는 Table 3의 항목들을 기반으로 기술될 수 있다. Fig. 3에서 도출된 중심 정보는 촬영된 위치인 공장이며 깨끗한 영상이므로 병변에 대해 발견된 것은 없다. 다음으로, 이와 같은 중심 정보와 함께 확인하면 용이한 보조 정보에 해당하는 부수적인 진단 지표를 활용하여 각각의 보조 정보들의 정상 여부가 확인되게 된다. 마지막으로, 중심 정보와

Table 3. Anatomy Model

Type	Element			
Core Anatomy [CA]	Duodenum [CA-D]	Superior(1st) [CA-D-10000]		
		Descending(2nd) [CA-D-20000]	Major duodenal papilla [CA-D-21000] Minor duodenal papilla [CA-D-22000]	
		Inferior(3rd) [CA-D-30000]		
		Ascending(4th) [CA-D-40000]		
	Jejunum [CA-J]			
Ileum [CA-I]				
Support Anatomy [SA]	Histology [SA-H]	Serosa [SA-H-10000]		
		Muscularis propria [SA-H-20000]	Longitudinal muscle [SA-H-21000] Circular muscle [SA-H-22000]	
		Submucosa [SA-H-30000]		
	Mucosa [SA-H-40000]	Muscularis mucosae [SA-H-41000]		
		Lamina propria [SA-H-42000]		
		Epithelium [SA-H-43000]		
	Blood Supply [SA-B]	Artery [SA-B-10000]	Celiac trunk [SA-B-11000] Superiormesenteric artery [SA-B-12000]	
		Vein [SA-B-20000]	Portal vein [SA-B-21000]	
	Secretion [SA-S]	Enzymes [SA-S-10000]	Carbohydrates [SA-S-11000] Proteins [SA-S-12000] Fats [SA-S-13000]	
			Hormones [SA-S-20000]	Cholecystokinin [SA-S-21000] Secretin [SA-S-22000] GIP, Glucose-dependent insulinotropic peptide [SA-S-23000]
		pH [SA-P]	Duodenum [SA-P-10000]	6~6.5 [SA-P-11000]
			Jejunum [SA-P-20000]	7~9 [SA-P-21000]
	Ileum [SA-P-30000]		7~8 [SA-P-31000]	

보조 정보를 종합하여 최종 진단을 내리게 되며, 이상성을 확인할 수 있던 산도 정보를 활용하여 ‘세균과다증식증 의심’에 대한 진단과 함께 ‘추가 검사’에 대한 필요성을 제시할 수 있게 된다. 이처럼, 제안하는 해부학 모델을 기반으로 각각의 정상 여부를 확인함으로써 해당 이미지가 촬영된 위치에서 소장 상태를 진단하는 데 도움을 줄 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 캡슐내시경 검사의 진단을 효율적으로 보조하기 위한 연구로서, 효과적으로 의료 정보를 제공하기 위한 지식 모델을 제안하였다. 제안하는 모델은 다음과 같은 과정을 통해 구축되었다. 먼저, 캡슐내시경 검사를 통한 진단 과정을 분석하여 이로부터 유의미한 정보를 도출하는 과정을 의미 기반 분석 과정이라 정의하였고, 획득될 수 있는 유의미한 정보 중 적응증, 병변과 같은 의미적 특징 정보를 추출하였다. 다음으로, 적응증이나 병변에 대한 정보를 획득하기 위한 의료 정보 간의 연관성을 분석하여, 증상으로 부터 예상 질병을 확인할 수 있는 질병 연관성이나 조직, 혈관, 산도와 같은 임상 정보와 병변의 위치, 상태에 대한 정보 간의 연관성을 해부학 연관성과 같은 의미적 연관성을 도출하였다. 또한, 연관성을 기술하기 위한 요소들을 질병 모델과 해부학 모델로 정의함으로써 캡슐내시경 검사의 진단 보조를 위한 체계적인 의료 정보 모델을 제안하였다. 제안하는 모델을 통해, 환자의 증상과 발견된 병변에 맞춰 의사에게 의심되는 질환이나 필요한 부수적인 임상 정보를 함께 제공해줌으로써 효과적인 진단 보조를 가능케 한다. 향후 연구에서는 구축된 지식 모델을 기반으로 소화기 전체에 대한 지식 모델을 구축할 계획이다.

References

[1] Ministry of Health, Welfare and Family Affairs, Cancer Registration Statistics, “61 carcinoma / gender cancer incidence, relative frequency, incidence rate, age standardization incidence,” 2014.

[2] J. R. Eun and B. I. Jang, “The Usefulness of Capsule Endoscopy in Diagnosis of Small Bowel Diseases,” *Yeungnam Univ. J. of Med.*, Vol.23, No.1, pp.45-51, 2006.

[3] Douglas O. Faigel and David R. Cave, “Capsule endoscopy,” Saunders Elsevier, 2008.

[4] Lars Aabakken, et al., “Minimal standard terminology for gastrointestinal endoscopy - MST 3.0,” World Endoscopy Organization, 2016.

[5] L. Y. Korman, et al., “Capsule endoscopy structured terminology (CEST): proposal of a standardized and structured terminology for reporting capsule endoscopy procedures,” *Endoscopy*, Vol.37, pp.951-959, 2005.

[6] B. I. Jang, H. J. Chun, and M. G. Choi, “Korean Society of Gastrointestinal Endoscopy (KSGE) Guidelines for Credentialing and Granting Privileges for Capsule Endoscopy,” *The Korean Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, Vol.37, pp.393-402, 2008.

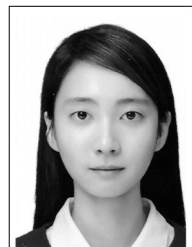
[7] Sonia Mhiri, Sylvie Desprès, and Ezzeddine Zagrouba, “Ontologies For The Semantic-Based Medical Image Indexing: An Overview,” *IKE*, 2008.

[8] Ki-yun Kim and Tae-kwon Kim, “Recent Advances in Medical Image Processing and Diagnosis Technology for Capsule Endoscope Systems,” *KICS*, Vol.38, No.9, pp.802-812, 2013.

[9] Van Gossum, André, “Image-enhanced capsule endoscopy for characterization of small bowel lesions,” *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, Vol.29, No.4, pp.525-531, 2015.

[10] Dimitris K. Iakovidis, et al., “An ontology of image representations for medical image mining,” in *Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*, 2009.

[11] Camille Kurtz, et al., “On combining image-based and ontological semantic dissimilarities for medical image retrieval applications,” *Medical Image Analysis*, Vol.18, No.7, pp.1082-1100, 2014.



황 규 본

e-mail : bon1229@ajou.ac.kr
 2017년 아주대학교 전자공학과(학사)
 2017년~현 재 아주대학교 전자공학과 석사과정
 관심분야 : Embedded Software, Bio·Medical Data Modeling



박 예 슬

e-mail : yesuly777@gmail.com
 2015년 아주대학교 전자공학과(학사)
 2017년 아주대학교 전자공학과(석사)
 2017년~현 재 아주대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : Embedded Software, Bio·Medical Data Modeling, Ontology



이 정 원

e-mail : jungwony@ajou.ac.kr
 1993년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)
 1995년 이화여자대학교 전자계산학과(석사)
 1995년~1997년 LG종합기술원 주임연구원
 2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과(박사)
 2003년~2006년 이화여자대학교 컴퓨터BK교수, 전임강사(대우)

2006년~현 재 아주대학교 전자공학과 교수
 관심분야 : Embedded Software, Automotive Software, Bio·Medical Data Modeling