초음파영상에서 갑상선 결절의 컴퓨터자동진단을 위한 Texture Features 알고리즘 응용

Application of Texture Features algorithm using Computer Aided Diagnosis of Papillary Thyroid Cancer in the Ultrasonography

고성진*, 이진수**, 예수영*, 김창수*

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과*, 부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과**

Seong-Jin Ko(sjko@cup.ac.kr)*, Jin-Soo Lee(sonojinsoo@naver.com)**,

Soo-Young Ye(syue@cup.ac.kr)*, Changsoo Kim(cszzim@cup.ac.kr)*

요약

초음파영상은 갑상선 질병에서 결절성 갑상선 질병을 진단하는 검사로서 결절의 위치, 크기, 개수, 내부 에코 특성에 대한 정보를 제공하여 암의 가능성이 높은 고위험 결절을 선별하며, 세침흡인 검사 시 정확한 유도를 가능하게 한다. 갑상선 결절 중 악성으로 진단되는 경우는 5% 미만이지만 초음파에서 감별진단이 중요하다. 그러므로 본 연구에서는 병리학적으로 갑상선 유두암으로 진단된 증례를 실험 대상으로 하며, 영역을 묘사하는 알고리즘으로 그 질감을 정량화하는 방법으로 질감특징 분석(TFA)를 적용하여 컴퓨터자동진단의 검출 효율을 실험하였다. 초음파영상에서 관심영역을 설정하여 50x50 픽셀 크기, 히스토그램 평활화로 전처리하여 실험영상을 획득하였다. 전체영상 70증례에서 갑상선 유두암의 영상 35증례를 테스트 영상으로 하고, 고유영상 생성의 정상영상 35증례를 학습영상으로 실험하였다. 질감특징 분석 알고리즘을 적용한 실험결과 GLavg, SKEW, UN, ENT 4개 파라미터의 질병 검출 효율이 91~100%로 높게 나타났다. 이는 갑상선 결절 질병을 감별하는 컴퓨터자동진단의 응용을 나타내며, 갑상선 질병의 감별진단에 전처리 자동진단 가능성을 나타낸다. 향후 추가적인 관련 알고리즘의 연구가 계속 진행된다면 갑상선 질병의 컴퓨터자동진단의 실용화기반을 마련할 수 있을 것이고, 다양한 초음파영상의 질병에 대한 적용이 가능할 것으로 사료된다.

■ 중심어 : | 갑상선 초음파영상 | 갑상선 유두암 | TFA | 컴퓨터자동진단 |

Abstract

Thyroid nodular disease is the most frequently appeared in thyroid disease. Thyroid ultrasonography offers location of nodules, size, the number, information of internal echo characteristic. Thus, it makes possible to sort high-risk nodule containing high possibility about thyroid cancer and to induct precisely when take a Fine Needle Biopsy Aspiration. On thyroid nodule, the case which is diagnosed as malignant is less than 5% but screening test is very important on ultrasound and also must be reduced unnecessary procedure. Therefore, in this study an approach for describing a region is to quantity its texture content. We applied TFA algorithm on case which has been pathologically diagnosed as papillary thyroid cancer. we obtained experiment image which set the ROI on ultrasound and cut the 50x50 pixel size, histogram equalization. Consequently, Disease recognition detection efficiency of GLavg, SKEW, UN, ENT parameter were high as 91~100%. It is suggestion about possibility on CAD which distinguishes thyroid nodule. In addition, it will be helpful to differential diagnosis of thyroid nodule. If the study on additional parameter algorithm is continuously progressed from now on, it is able to arrange practical base on CAD and it is possible to apply various disease in the thyroid US.

■ keyword : | Thyroid US | Papillary thyroid CA | TFA | CAD |

* 본 논문은 2012년도 부산가톨릭대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

접수번호 : #130304-003

접수일자 : 2013년 03월 04일

심사완료일 : 2013년 03월 27일

교신저자 : 김창수, e-mail : cszzim@cup.ac.kr

I. 서론

갑상선은 해부학적으로 피부에서 멀지 않고 균일한 에코발생도로 주변 구조물과 잘 구별되는 초음파적 특징이 있어 고주파수를 이용한 고해상도 초음파검사에 매우 유리한 장기이다. 또한 갑상선 질병 중 가장 흔한 결절성 갑상선에서 초음파는 결절의 정확한 위치, 크기, 개수 및 내부 에코 특성에 대한 정보를 제공하여 암의 기능이 높은 고위험 결절을 선별하고 초기 진단 뿐 아니라 양성 결절 및 갑상선 암(thyroid cancer)의 수술 후 추적 관찰에서도 매우 중요한 역할을 수행한다[1].

갑상선 결절(nodules)은 비교적 흔한 질병으로, 축지되는 갑상선 결절은 전 인구의 5%정도에서 발견되며, 비축지 결절은 40~50%에 이르는 것으로 알려져 있다. 그러나 갑상선암으로 진단되는 환자는 이 중 3~5% 정도에 그친다[2][3]. 최근 특별한 증상 없이 건강검진의 목적으로 경부 초음파검사를 받는 경우가 많아짐에 따라 우연히 발견되는 갑상선 결절의 빈도가 증가하고 있으며, 고해상도 초음파 장비의 도입으로 1cm 이하의 작은 크기의 갑상선 결절의 진단 빈도도 늘어나고 있다. 이와 같이 발견된 갑상선 결절의 대부분이 양성(benign) 결절임에도 불구하고 갑상선암에 대한 우려로 인해 불필요한 처치가 행해지는 경우도 자주 발생한다[4].

비축지 결절 40~50%를 제외한 나머지 축지되는 갑상선 결절의 10~20%정도에서만 갑상선암으로 진단되므로, 반드시 세침흡인검사를 시행하여 갑상선암을 배제하여야 한다. 많은 연구 결과에서 초음파를 이용한 갑상선 악성 결절의 감별 진단은 양성 결절과의 중복된 소견들이 많아 상당한 어려움이 있다고 보고하고 있으나, 몇몇 소견들은 악성결절을 나타내는 특징적인 초음파영상의 징후들이 있으며, 이들 소견을 가진 결절은 세침흡인검사의 적응기준이 된다고 주장하였다[5][6]. 따라서 갑상선암은 전체 갑상선 결절이 확인되면 우선 악성인지의 여부를 감별하는 것이 치료 및 예후와 관련되어 매우 중요하다[7].

그리고 갑상선 결절 환자에서 가장 중요한 문제는 악성(malignant)여부를 판단하는 것이며 그 방법 중 가장

유용한 것이 세침흡인검사이다. 그러나 세침흡인검사의 가장 큰 문제점은 부적절한 검체로부터 파행되는 것이며, 과거 두경부에 방사선조사 병력, 갑상선암의 가족력이 있는 경우, 초음파 소견상 악성 소견이 있는 경우에는 1 cm 이하의 결절에서도 세침흡인검사가 필요하다[8]. 그러나 초음파 유도 하에 갑상선 결절에 접근이 가능한 경우라도 만족할만한 세포 표본을 얻지 못하는 경우가 많기 때문에 세침흡인 검사에 대한 논란이 계속되고 있다.

최근 컴퓨터를 이용한 병변 영역의 양성 및 악성 정도를 자동으로 예측하고 있다. 일반적으로 질병의 진단을 위한 의료 영상의 해석은 진단 매뉴얼을 기반으로 진단하지만 다소 주관적이며, 그 결과 진단은 임상 의사의 경험에 의해 조금씩 달라진다. 일반적인 컴퓨터자동진단(computed aided diagnosis, CAD) 기술의 질병 검출은 영상의 병변 영역을 분리(segmentation)하고, 다양한 알고리즘의 컴퓨터보조진단 방법을 적용하여 질병 영상 영역의 특징을 분석하여 질병을 자동으로 인식(Object recognition)하는 시스템이다[9][10]. 본 연구에서는 갑상선 암을 인식 및 진단 방법론으로 질감특징 분석(Texture Features Analysis, TFA) 알고리즘을 제안한다. 그리고 컴퓨터자동진단시스템을 활용하여 갑상선 결절의 악성과 정상영상에 대한 정량적인 분석결과를 제공하여 진단적 오류를 감소시키고 임상 전문의의 질병 인식 및 진단에 보조 수단으로서 활용하고자 한다.

II. 대상 및 방법

2012년 3월~9월까지 P 대학병원에서 갑상선 질병 환자의 갑상선 초음파검사와 세침검사를 시행한 증례를 대상으로 하였으며, 전체 갑상선 영상 70(남자 30명, 여자 40명)증례로서 정상 영상 35증례, 세포병리학적으로 소견상 갑상선 유두암(Papillary cancer)의 35증례를 실험대상으로 하였다. 영상의학과 전문의의 판독과 세포병리학 진단 결과를 기반으로 후향적인 실험을 하였다. 실험은 학습영상과 테스트영상 두 가지로 나누었으며,

고유영상을 생성시키기 위해 학습영상으로 정상영상을, 테스트영상으로 갑상선 유두암으로 진단된 영상을 사용하였다[Fig. 1].

실험방법은 갑상선 초음파영상에서 관심영역을 설정하고 Adobe Photo Shop-CS3 (Adobe System Inc. USA)를 이용해 50×50 픽셀 크기로 절단하여 영상을 획득하였다. 실험영상은 iU-22 (Philips. USA)초음파 장비로 획득한 영상으로 dcm 파일을 bmp 파일로 변환하여 이용하였다. 전처리 과정으로 히스토그램 평활화(equalization)를 시행하였으며[Fig. 2], 각 획득된 영상(sub-image)에 대해 제안된 질감분석(Texture Feature Analysis) 알고리즘의 Matlab R2007a (MathWorks Inc. USA)를 이용하여 결과를 산출하였다.

Fig. 1. Example of Thyroid US image

Fig. 2. Histogram equalization of cut off image

1. 질감분석 알고리즘

질감을 인식하고 분별하는 방법은 통계적 방법, 구조적 방법, 푸리에 스펙트럼 분석방법 등이 있다. 질감분석으로 자주 사용되는 방법은 밝기 히스토그램에 대한 통계적 속성에 기반한다[11][12]. 본 논문에서는 질감분석에 사용되는 6가지 파라미터는 영역의 밝기 히스토그램에 기초한 질감 묘사자들로 평균밝기(mean, GLavg), 평균대조도(standard deviation, Cavg), 평탄도(relative smoothness, RS), 3차 적률(skewness, Skew), 균일성(uniformity, UN), 엔트로피(entropy, ENT)를 결과로 나타낸다[13][14][Table 1]. 그리고 질감의 내용을 수량화하는 통계적인 방법을 적용하여 [15], 정상 갑상선 영상과 유두암의 갑상선 결절의 초음파영상의 병변인식률을 알아보았으며, 그 결과를 수치로 산출하였다. 제안하는 알고리즘의 다이어그램은 다음과 같다[Fig. 3].

Table 1. Parameters of texture features analysis

Parameters	Equation	Texture Features Analysis
Mean	$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$	a measure of average intensity(average gray level)
Standard deviation	$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\mu_2(z)}$	a measure of the average contrast
Relative Smoothness	$R = 1 - 1/(1 + \sigma^2)$	measures the relative smoothness of the intensity in a region, R is 0 for a region of contrast intensity and approaches 1 for regions with large excursions
Skewness	$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i)$	measures the skewness(third moment) of a histogram. This measure is 0 for symmetric histogram, we used to normalize the variance
Uniformity	$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i)$	measure of uniformity
Entropy	$e = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i)$	a measure of randomness

Fig. 3. Diagram of texture features analysis

III. 결과

TFA 알고리즘을 이용한 실험 결과로서 정상 갑상선 영상의 결과값은 GLavg 129.73 ± 0.25 (129.05~130.11), Cavg 73.71 ± 0.10 (73.47~73.98), RS 0.077 ± 0.00 (0.076~0.077), Skew -0.255 ± 0.03 (-0.33~-0.21), UN 0.021 ± 0.00 (0.016~0.032), ENT 5.73 ± 0.24 (5.10~6.10)으로 나타났다.

갑상선 유두암의 결과값은 GLavg 130.72 ± 0.46 (130.07~132.09), Cavg 73.70 ± 0.15 (73.37~74.00), RS 0.077 ± 0.00 (0.076~0.077), Skew -0.146 ± 0.04 (-0.21~-0.06), UN 0.013 ± 0.00 (0.008~0.0016), ENT 6.367 ± 0.21 (6.10~7.02)으로 나타났다[Table 2].

실험 결과는 갑상선 초음파영상에서 유두암 질병 진단을 위한 컴퓨터자동진단의 적용이 가능한 결과로 사료되며, 질병의 인식 및 검출효율은 갑상선 유두암 영상의 결과 값이 정상 갑상선 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나면 정상과 갑상선 유두암의 질병 검출이 가능하다고 판단하였다.

각 파라미터 결과의 질병 진단의 검출효율은 다음과 같다. GLavg 파라미터를 적용한 질병인식 실험결과는 정상 갑상선 영상 35증례의 최대값과 최소값의 범위에 대해서 유두암 33증례가 인식되어 94%의 검출효율을 나타내었다[Fig. 4].

Fig. 4. Graph of GLavg in the TFA

Table 2. Pixel value of TFA in the thyroid US

PM	Max		Min		Mean		SD	
	Pap ca.	NS	Pap ca.	NS	Pap ca.	NS	Pap ca.	NS
GLavg	132.09	130.11	130.07	129.05	130.72	129.73	0.4606	0.2582
Cavg	74.00	73.98	73.37	73.47	73.70	73.71	0.1578	0.1098
RS	0.0777	0.0776	0.0765	0.0767	0.0771	0.0771	0.0003	0.0002
Skew	-0.061	-0.210	-0.212	-0.333	-0.146	-0.255	0.044	0.032
UN	0.0163	0.0329	0.0083	0.0166	0.0136	0.0212	0.0020	0.0003
ENT	7.020	6.1080	6.103	5.104	6.367	5.738	0.212	0.248

Cavg 파라미터를 적용한 질병인식 실험결과는 정상 갑상선 영상 35증례의 최대값과 최소값의 범위에 대해서 유두암 3증례가 인식되어 9%의 검출효율을 나타내었다[Fig. 5]. RS 파라미터를 적용한 질병인식 실험결과는 정상 갑상선 영상 35증례의 최대값과 최소값의 범위에 대해서 유두암 3증례가 인식되어 9%의 검출효율을 나타내었다[Fig. 6].

Fig. 5. Graph of Cavg in the TFA

Fig. 6. Graph of RS in the TFA

Skew 파라미터를 적용한 질병인식 실험결과는 정상 갑상선 영상 35증례의 최대값과 최소값의 범위에 대해서 유두암 31증례가 인식되어 91%의 검출효율을 나타내었다[Fig. 7].

UN 파라미터를 적용한 질병인식 실험결과는 정상 갑상선 영상 35증례의 최대값과 최소값의 범위에 대해서 유두암 35증례가 인식되어 100%의 검출효율을 나타내었다[Fig. 8].

ENT 파라미터를 적용한 질병인식 실험결과는 정상 갑상선 영상 35증례의 최대값과 최소값의 범위에 대해서 유두암 34증례가 인식되어 97%의 검출효율을 나타내었다[Fig. 9].

Fig. 7. Graph of Skew in the TFA

Fig. 8. Graph of UN in the TFA

Fig. 9. Graph of ENT in the TFA

IV. 고찰 및 결론

최근 갑상선 초음파검사의 시행빈도가 증가함에 따라, 촉진되지 않는 갑상선 결절의 발견율이 높아지고 이에 대한 정확한 진단, 치료가 문제로 대두되고 있다. 갑상선 결절의 유병률이 증가함에 따라 임상에서 결절의 악성 또는 양성의 감별은 매우 중요하다. 대부분의 갑상선암이 매우 느리게 자라고 예후가 좋은 종양이지만, 크기가 작다하더라도 갑상선내 전이나 주위 림프절 전이를 일으킬 수 있고, 불량한 예후를 나타내므로 정확한 진단이 무엇보다 중요하다[16-18].

그리고 갑상선 세침흡인검사는 시술의 편리성, 안정성, 경제성 및 정확성으로 인해 갑상선 결절에서 갑상선 암의 진단을 위한 매우 중요한 검사로 널리 사용되고 있다[19]. 갑상선 결절의 진단에 있어 세침흡인검사가 보편화되어 있지만 부적절한 검체 획득과 낮은 감수성 및 크기가 작은 결절에 대한 표본 획득이 어려운 제한점이 있다. 갑상선암의 진단은 악성을 시사하는 특징이 검사자들에게 뚜렷한 형태로 인식되고 공유되는 것이 필요하다. 그러나 선행연구에 따른 진단기준을 사용해도 소견의 표현이나 진단이 임상 의사간에 다르게 나타날 수 있다[20]. 또한 갑상선 초음파검사는 갑상선 결절의 유무, 위치, 크기와 결절 수뿐만 아니라 각 결절의 초음파소견을 종합하여 악성의 가능성이 있는 결절을 감별하여 세침흡인검사 등의 적응 대상을 결정하는데 도움이 된다. 그러나 초음파 소견만으로 진단이 불완전하며 정확도와 신뢰도가 결여될 수 있는데 그 이유는 초음파 장비의 성능과 검사자의 숙련도에 따라 진단 정확도가 크게 차이가 날 수 있기 때문이다.

컴퓨터자동진단은 영상에 대한 특징을 정량화하여 진단에 유용하게 활용하며, 질병의 감별진단에 도움을 주고자 하는 것이 목적이다. 갑상선 초음파영상은 고주파수 탐촉자를 이용하므로 양질의 고해상도 영상을 얻을 수 있고, 해부학적인 측면과 연령 등의 개인적 차이가 적어 영상을 정량화하는데 적합한 장기라고 사료된다. 즉 안정된 데이터를 얻을 수 있는 장기이다.

본 연구는 갑상선 초음파영상에서 컴퓨터자동진단을 이용한 갑상선 유두암의 검출 알고리즘에 대한 연구와

질병의 진단에서 예비 단계의 적용 및 응용을 알아보고자 하였다. 선행연구에서 이용된 많은 알고리즘과 달리 50x50 픽셀 크기의 획득 영상에 대해 히스토그램 평활화(histogram equalization) 전처리 과정을 시행하여 정상과 질병과의 감별을 좀 더 명확히 하고자 하였다.

제안한 TFA 알고리즘을 사용한 실험결과에서 정상 갑상선 초음파영상에서 유두암을 구별하는 알고리즘 중에서 GLavg, Skew, UN, ENT 4개 파라미터의 검출 효율은 91~100%로 우수하게 나타났다.

TFA 알고리즘을 갑상선 결절의 질병진단에 이용한다면 전처리 단계로서 갑상선 결절에 있어서 세침흡인검사 이전의 보완적인 수단으로서 유용할 것이다. 그리고 초음파영상에 익숙하지 않은 임상과의 전공의에게 정상으로부터 갑상선 유두암을 질병으로 인식하는 전처리 과정으로 도움을 줄 수 있을 것이다.

그리고 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 갑상선 초음파검사에서 컴퓨터자동진단의 응용으로 결절에 대한 질병 진단기준의 소견을 공통 척도로서 정량적인 정보 제공과 질병 진단 결과에 대한 컴퓨터 상의 전처리 수단이라고 할 수 있다. 또한 컴퓨터자동진단은 사실과 가능성을 제시하는 것이므로, 진단의 최종결정은 영상 의학과 전문의가 판단해야 할 것이며, 인간과 컴퓨터자동진단 시스템의 포지티브피드백(positive feedback)관계 위에 성립되어야 할 것이다.

실험결과에서 본 연구의 제한사항으로는 병리학적으로 진단된 양성과 악성 결절에 대한 증례를 바탕으로 실험을 실시하지 못하였고, 임상 증례의 수가 다소 적다는 한계가 있다. 또한 ROI 선정에 있어 임의적인 부분을 선택함으로써 주관의 개입될 수 있다는 점을 들 수 있다. 초음파영상의 경우 다른 영상과 달리 여러 가지 인공음영이 가미될 수 있어 영상 전체를 분석하기에 무리가 있으며, 스캔 방향에 따라 영상의 차이를 보일 수 있기 때문에 이러한 점을 해결하는 것이 향후 연구 과제로 사료된다. 향후 다양한 임상질환을 적응 대상으로 할 수 있는 알고리즘의 연구와 보다 많은 임상증례를 통한 컴퓨터자동진단시스템 관련 프로그램을 개발한다면 갑상선 질병의 인식 및 진단으로서 치료 및 예후 관리를 비롯한 임상적 의사결정 과정에서 매우 중요

한 역할을 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김미영, 박영선, “갑상선 결절에서 초음파 유도 미세침흡인검사의 임상적 유용성”, 방사선기술과학, Vol.31, No.2, pp.141-147, 2008.
- [2] D. S. Ross, “Neopalable thyroid nodules: managing an epidemic,” Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, Vol.87, No.5, pp.1938-1940, 2002.
- [3] G. H. Tan and H. Gharib, “Thyroid incidentalomas : management approaches nodules discovered incidentally on thyroid imaging,” Annals of Internal Medicine, Vol.126, No.3, pp.226-231, 1997.
- [4] E. L. Mazzaferri, “Thyroid cancer in thyroid nodules: finding a needle in the haystack,” The American Journal of Medicine, Vol.93, No.4, pp.359-362, 1992.
- [5] H. R. Sajjadih, V. Sajjadih, A. Aminorroaya, and M. Amini, “Value of Sonography in Determining the Nature of Thyroid Nodules : Evaluation of the Sonographic Characteristics,” Journal of Diagnostic Medical Sonography, Vol.21, No.1, pp.38-44, 2005.
- [6] E. K. Kim, C. S. Park, W. Y. Chung, K. K. Oh, and J. T. Lee, “New sonographic criteria for recommending fine-needle aspiration biopsy of nonpalpable solid nodules of the thyroid,” AJR, Vol.178, No.3, pp.687-691, 2002.
- [7] L. Hooft, O. S. Hoekstra, M. Boers, V. P. Paul, and L. Paul, “Practice, Efficacy and Costs of Thyroid Nodule Evaluation,” A Retrospective Study in a Dutch University Hospital Thyroid, Vol.14, No.4, pp.287-293, 2001.
- [8] 강호철, “갑상선 초음파 및 초음파 유도 미세침흡인술의 실제”, 대한내분지학회, 춘계학술대회 초록집, pp.53-64, 2007.
- [9] 최형식, 디지털 유방영상에서 멀티영상 기반의 컴퓨터보조진단 및 3차원 도시 시스템에 관한 연구, 한양대학교 대학원 박사학위논문, 2007.
- [10] 이진수, 유방초음파에서 컴퓨터보조진단을 이용한 미세석회화 검출, 부산가톨릭대학교 생명과학대학원 석사학위논문, 2011.
- [11] I. Christoyianni A. Koutras, E. Dermatas, and G. Kokkinakis, “Computer aided diagnosis of breast cancer on digital in digitized mammograms,” Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol.26, No.5, pp.309-319, 2002.
- [12] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, Digital Image Processing using MATLAB, Prentice Hall, 2004.
- [13] 이진수, 고성진, 강세식, 김정훈, 박형후, 최석윤, 김창수 “컴퓨터보조진단을 이용한 유방 초음파영상에서의 미세석회화 검출효율”, 방사선기술과학, Vol.35, No.3, pp.227-235, 2012.
- [14] 김창수, 고성진, 강세식, 김정훈, 김동현, 최석윤, “컴퓨터단층영상에서 TIA를 이용한 간경화의 컴퓨터보조진단”, 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제4호, pp.358-366, 2012.
- [15] 김대훈, 고성진, 강세식, 김정훈, 김창수, “질감분석을 이용한 폐결핵의 자동진단”, 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제11호, pp.185-193, 2011.
- [16] Y. Jianhua, D. Andrew, R. M. Summers, and D. J. Mollura, “Computer aided diagnosis of Pulmonary Infections Using Texture analysis and Support Vector Machine Classification,” Academic Radiology, Vol.18, No.3, pp.306-314, 2011.
- [17] 정진향, 황규하, 박호용 이영하, “초음파를 이용한 갑상선 결절의 감별진단”, 대한외과학회지, 제70권, 제5호, pp.349-356, 2006.
- [18] 김정현, 박상준, 김상억, “건강검진 수진 성인 남성에서 초음파검사를 이용한 갑상선결절의 유병

를”, 대한내분비학회지, Vol.22, No.2, pp.112-117, 2007.

[19] S. Noguchi, H. Yamashita, and N. MAarukami, “Small carcinoma of the thyroid,” Arch Surg, Vol.131, No.2, pp.187-191, 1996.

[20] A. Belfiore and G. L. La Rosa, “Fine Needle Aspiration Biopsy of the Thyroid,” Endocrinol Metabolism Clinic North America, Vol.30, No.2, pp.361-400, 2001.

[21] 문우경, 갑상선초음파진단 가이드북, 가본의학, 2010.

저 자 소 개

고 성 진(Seong-Jin Ko)

정회원

- 1997년 8월 : 경성대학교 생물학과(이학박사)
- 1982년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선생물학, 방사선계측학

이 진 수(Jin-Soo Lee)

정회원

- 2013년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(박사수료)
- 1998년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 해운대백병원 영상 의학과 재직

<관심분야> : 의료영상신호처리, CAD, 영상평가

예 수 영(Soo-Young Ye)

정회원

- 1998년 2월 : 부산대학교 전자공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 부산대학교 의공학협동과정(공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 신호처리, 영상처리, 의공학, 방사선과학

김 창 수(Changsoo Kim)

정회원

- 2003년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 의료영상 평가, U-Healthcare, Computer Aided Detection(CAD)