

Ultrasonic Image Analysis Using GLCM in Diffuse Thyroid Disease

Soo-Young Ye *

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: July 01, 2021. Revised: August 20, 2021. Accepted: August 31, 2021.

ABSTRACT

The diagnostic criteria for diffuse thyroid disease are ambiguous and there are many errors due to the subjective diagnosis of experts. Also, studies on ultrasound imaging of thyroid nodules have been actively conducted, but studies on diffuse thyroid disease are insufficient. In this study, features were extracted by applying the GLCM algorithm to ultrasound images of normal and diffuse thyroid disease, and quantitative analysis was performed using the extracted feature values. Using the GLCM algorithm for thyroid ultrasound images of patients diagnosed at W hospital, 199 normal cases, 132 mild cases, and 99 moderate cases, a region of interest (50x50 pixel) was set for a total of 430 images, and Autocorrelation, Sum of squares, sum average, sum variance, cluster prominence, and energy were analyzed using six parameters. As a result, in autocorrelation, sum of squares, sum average, and sum variance four parameters, Normal, Mild, and Moderate were distinguished with a high recognition rate of over 90%. This study is valuable as a criterion for classifying the severity of diffuse thyroid disease in ultrasound images using the GLCM algorithm. By applying these parameters, it is expected that errors due to visual reading can be reduced in the diagnosis of thyroid disease and can be utilized as a secondary means of diagnosing diffuse thyroid disease.

Keywords: Diffuse Thyroid Disease, Thyroid Ultrasonography, GLCM algorithm

I. INTRODUCTION

갑상샘은 표재성 장기로서 균일한 에코발생, 주변 구조물과 육안으로 구분이 가능하여 고해상도 초음파 검사에 매우 용이한 장기이다. 갑상샘질환은 결절성과 미만성으로 분류되며 미만성 질환은 갑상샘 전반을 침범하는 질환으로 주된 원인은 자가면역성 갑상샘질환에서 기인한다. 자가면역성 갑상샘질환 중에는 하시모토 갑상샘염과 그레이브스 병이 가장 많다. 이 질환의 진단방법은 갑상샘 기능 검사, 항체 검사, 초음파 영상 검사, 갑상샘 스캔, 세포검사 등으로 진단한다^[1]. 그 중 초음파 검사는 저비용의 비침습적인 방법으로 진행할 수 있는 장점이 있다. 또한 미만성 갑상샘질환의 거칠고 비균질 에코와 갑상샘염증이 심해질수록 저음영을 나타내는 특징을 감별하는데 유용한 검사방법이다

[2]. 갑상샘 초음파 검사를 실시 한 검진 대상자 중에 갑상샘염증을 가지고 있는 경우가 많다. 실험을 실시한 W 병원에서도 30-60대 여성의 1/3 정도가 갑상샘염증이 확인되었으나, 다행히 갑상샘염증은 크게 위험한 질환은 아니다. 하지만 염증으로 인해 갑상샘 기능 저하 또는 항진이라는 이상이 발생할 수 있으므로 갑상샘 기능 검사를 반드시 실시하여야 한다. 갑상샘 기능 검사는 혈액 중 TSH (Thyroid Stimulation Hormone, 갑상샘 자극 호르몬)와 Free T4 (Thyroxine, 유리형 싸이록신)를 기초로 진단한다^[3]. 갑상샘염증이 진단된 대상자 중에 갑상샘 기능 검사 결과가 정상 범주 안에 있다면 추적검사만 실시하고 갑상샘 기능 저하 또는 항진증이 나오면 약물치료를 받아야 한다.

갑상샘염증이 있는 초음파 영상은 갑상샘이 커지고 미만성 저음영과 거친 질감을 확인할 수 있

* Corresponding Author: Soo-young Ye

E-mail: syye@cup.ac.kr

Tel: +82-51-510-0586

다. 초음파에서 염증상태가 약간 진행된 경우는 갑상샘 내부의 작은 영역이 저음영과 약간의 거친 정도를 볼 수 있고 중등도 이상의 염증 상태에서는 전반적인 갑상샘 저음영과 심한 거친 영상이 나타난다. 초음파 영상에서 이러한 변화를 명확하게 진단하기 위해서 초음파기기의 성능 차이에 따라 영상의 화질에 영향을 주고, 검사자의 숙련 정도에 따라 진단의 정확도가 좌우되는 제한적인 면도 있어 표준적이고 객관적인 기준이 필요하다.

갑상샘 초음파 검사에 영상처리기술과 컴퓨터보조진단시스템(Computer Aided Diagnosis, CAD)을 적용하게 되면 보다 정확하고 정략적인 진단이 가능하다⁴⁾.

미만적으로 염증을 일으킨 갑상샘 세포는 갑상샘 내부에 흉터와 같은 검은 점들이 나타나게 된다. CAD를 이용하면 이러한 초음파 영상 특징을 찾아내어 조기 염증 질환을 발견하고 염증 질환의 정도를 분류할 수 있는 객관적인 수치를 제시할 수 있다. 갑상샘 초음파 결절 진단에 비해 미만성 갑상샘질환의 초음파 영상에 관한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 미만성 갑상샘질환 초음파 영상에 CAD 방법 중 하나인 GLCM(Gray Level Co-occurrence Matrix) 알고리즘을 적용하고자 한다.

본 논문은 GLCM 알고리즘을 이용하여 미만성 갑상샘질환 환자를 정상, 경도, 중등도로 분류하고자 한다. 정상 199증례, 경도 132증례, 중등도 99증례 총 영상 430증례에 관심영역 (50x50 pixel)을 설정하고, 각 영상에서 GLCM 특징 파라미터인 Autocorrelation, Sum of squares, Sum variance, Sum average Cluster Prominence, Energy 6가지 파라미터를 이용하여 미만성 갑상샘 초음파 영상을 분류하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 갑상샘염

정상 갑상샘 실질은 불투명 유리 모양의 균질한 에코를 보이며 주변의 고에코의 지방조직보다는 어둡게 보이거나 띠근육이나 흉쇄유돌근보다는 다소 높은 에코를 보인다⁵⁾.

갑상샘염은 염증성 질환으로 감염이나 자가면역 질환에 이르기까지 그 원인이 다양하다. 조직학적으로 미만성 혹은 불규칙적인 염증성 침윤을 의미하며 이로 인한 일시적·영구적 갑상샘 기능 변화를 초래할 수 있다. 만성 염증으로 하시모토 갑상샘염은 가장 빈번한 형태의 갑상샘염으로 갑상샘 기능저하의 원인이 된다. 하시모토 갑상샘염의 초음파 소견은 전반적인 갑상샘 실질에서 에코가 감소된다. 갑상샘의 림프구 침윤으로 정상 여포구조가 파괴되고 세포 충실도가 높아지면서 초음파의 투과도가 높아져 실질 에코가 감소하게 되고, 실질 에코의 감소 정도는 갑상샘 기능저하증의 중등도와 비례한다. 특히 초기 하시모토 갑상샘염은 피막 하 부위부터 저에코 변화를 보이며 국소 또는 미만성 갑상샘 비대를 동반한다⁶⁾.

그레이브스병은 갑상샘 자극 호르몬 수용체에 대한 자가항체로 인한 갑상샘 기능항진증을 특징으로 하는 자가면역질환으로 우리나라 갑상샘중독증의 가장 흔한 원인이 된다. 미만성 갑상샘 종대를 동반한 갑상샘 기능항진증과 안구돌출 눈병증 및 피부병증이 임상적 특징이다. 갑상샘의 미만성 종대, 불균질한 저에코, 실질 혈관의 증가 및 현저한 혈류 증가등의 초음파 소견이 나타난다. 갑상샘 실질 에코는 혈류 증가와 세포충실성의 증가 및 콜로이드 함량의 감소로 인해 종종 저에코 소견을 보인다. 그레이브스병은 하시모토 갑상샘염에 비해 실질의 섬유화가 심하지 않아 덜 불균질하게 보인다⁷⁾.

2. GLCM 알고리즘

GLCM은 고정된 공간적 관계로 분리된 한 쌍의 화소들을 위한 2차원 그레이 레벨 히스토그램으로, 2차적 통계량에 기초하여 질감을 분석하는 기법이다. GLCM은 그레이 영상을 대상으로 거리와 방향에 의해 정의되는 변위벡터 값에 의해 생성된다. 다음 Fig. 1은 0에서 3까지의 그레이 레벨의 명암을 가지는 4 × 4 크기의 시험영상을 대상으로 GLCM의 생성과정을 예시로 나타낸 것이다.

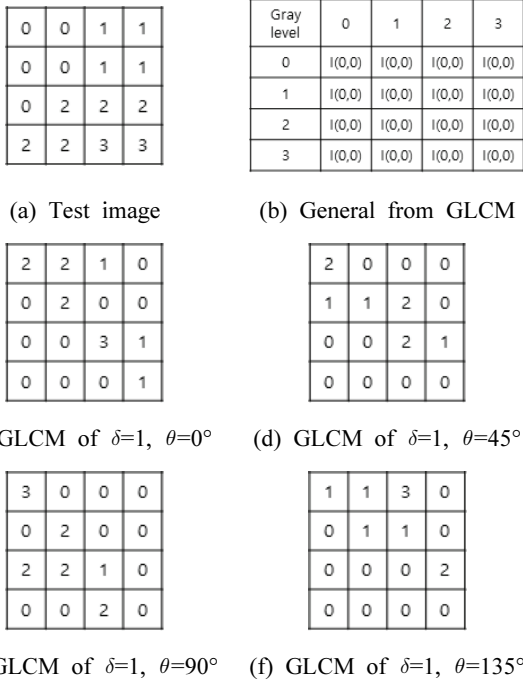


Fig. 1. ROI from Thyroid Image.

여기서 $I(i,j)$ 는 행렬의 성분으로 그레이 레벨 i 와 j 가 변위 벡터 d 에 의해 정의된 조건을 만족하는 이웃이 되는 동시발생 빈도수이다. 또한 GLCM의 정규화는 각 방향에서 가능한 전체 화소쌍의 수로 행렬의 요소값을 나눈 것으로, 전체 화소 쌍의 수는 N 은 방향 $\theta=0^\circ$ 인 경우 $N=(M_x-1) \times M_y$, $\theta=90^\circ$ 는 $N=M_x \times (M_y-1)$ 이고, $\theta=45^\circ$ 와 $\theta=135^\circ$ 에서는 $N=(M_x-1) \times (M_y-1)$ 이 된다. 여기서 M_x 와 M_y 는 각각 영상의 폭과 높이의 화소수이다. Fig. 1에서 보면 거리 δ 와 방향 θ 에 따라 GLCM은 다르게 생성되며, 또한 영상의 그레이 레벨에 따라 행렬의 커널 크기가 결정되어, 레벨은 질감특성 분석에 많은 영향을 미치게 된다^[8].

3. 연구 방법

2020년 2월부터 12월까지 부산 소재 W 병원에서 20~80세까지의 남녀를 대상으로 후향적으로 연구를 실시하였다. 초음파 장비 (Logiq S8, GE, USA) 로 획득한 영상은 MATLAB 2016a (Math Worlds Inc, USA)을 사용하여 분석하였다. 갑상샘 초음파 검사를 실시한 환자 중 갑상샘질환 치료를 받고 있거나 갑상샘 결절 환자는 제외하였다. 전체 430증

례 중 정상 갑상샘 초음파 영상이 199증례, 미만성으로 약간 거칠고 저음영이 보이는 영상으로 정도 132증례, 거칠고 저음영이 증가된 중등도 이상 99증례를 실험대상으로 하였다. 갑상샘 초음파 영상의 우측횡단부분에 관심영역(ROI) 50x50 으로 설정하였다.

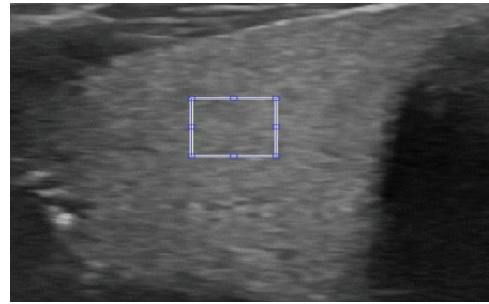


Fig. 2. ROI from Thyroid Image.

Fig. 3은 본 연구의 전체 실험과정을 나타내었다.

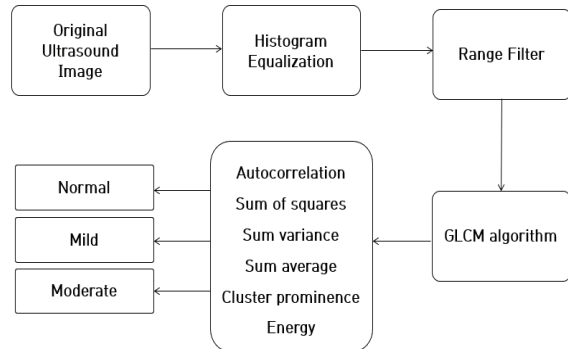


Fig. 3. Progress Process.

전처리 과정으로 Histogram equalization과 Range filter를 적용하여 획득된 영상에 GLCM 알고리즘을 이용하여 결과를 산출하였다. Histogram equalization은 입력영상에서 병변의 정확한 인식과 분석을 위해 제안하는 전처리방법으로 원영상의 픽셀값을 균일하게 만들어 영상대비 개선 효과를 나타내는 방법이다. Range filter는 노이즈를 감소시켜 의료영상에서 검출하고자 하는 병변 부위 인식의 정확도를 높여준다^[9]. GLCM 알고리즘을 적용하여 Autocorrelation, Sum of squares, Sum of variance, Sum average, Cluster prominence, Energy의 파라미터 값들을 산출하였다.

Fig. 4는 Normal, Mild, Moderate의 갑상샘 초음파 원본 영상을 나타내었다. Fig. 5 - Fig. 7는 Normal, Mild, Moderate의 갑상샘 초음파 영상의 ROI영역에 histogram equalization, Range filter를 적용한 결과를 나타내었다.

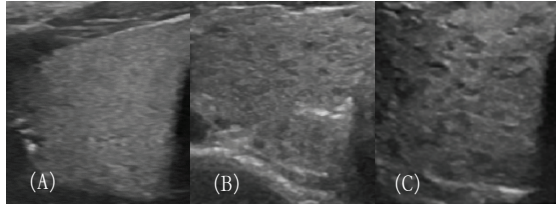


Fig. 4. Original Ultrasound Image.
(A) Normal, (B) Mild, (C) Moderate

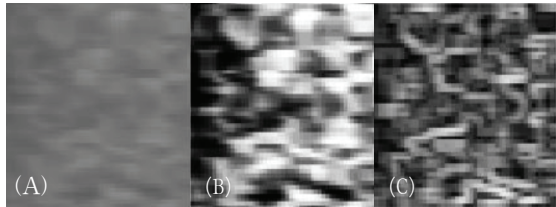


Fig. 5. Normal Image.
(A) Normal, (B) Mild, (C) Moderate

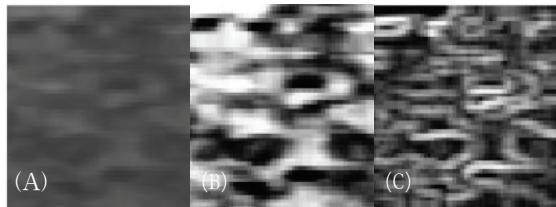


Fig. 6. Mild Image.
(A) Normal, (B) Mild, (C) Moderate

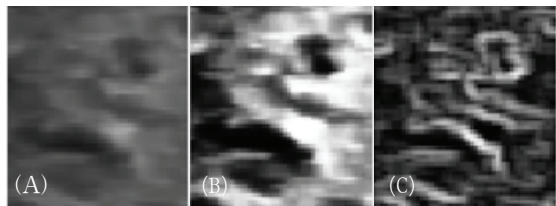


Fig. 7. Moderate Image.
(A) Normal, (B) Mild, (C) Moderate

Table 1^[8]은 GLCM 알고리즘을 적용한 파라미터들에 대한 식을 나타내었다.

Autocorrelation은 화소사이의 명암도의 선형적인 의존성에 대한 척도로 영상의 sharpness 정도를 알 수 있다. Sum of Square은 각 화소값과의 편차를 제공하여 합산 값이다. Sum of variance는 이질성의 척도이며, 화소의 명암도가 평균값 주변으로부터 얼마나 분산되어 있는가에 대한 1차적 통계변수이다. Sum of average은 각 화소의 평균값의 합을 나타낸다. Cluster prominece는 각 화소의 명암의 변화가 크다는 것을 의미하며 영상의 대칭성이 떨어지고 그레이 스케일 매트릭스의 왜곡이 심하다는 것을 알 수 있다. Energy는 명암도의 균일함을 측정할 수 있다. 만약 영상들의 각 화소 사이의 밝기 변화가 없다면 각 원소의 값이 비슷한 값이 되므로 큰 값을 갖게 되고 질감(texture) 영상은 밝은 영상을 생성하게 된다. 즉 Energy는 영상의 모든 화소가 같은 명암도의 값을 가질 때 최고의 값을 가지게 된다.

Table 1. Parameters of GLCM algorithm

Parameter	Equation
Autocorrelation	$\sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)}{\sigma_i \sigma_j}$
Sum of squares	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
Sum variance	$\sum_{i=0}^{2(N_g-1)} (i - savgh)^2 p_{x+y}(i)$
Sum average	$\sum_{i=0}^{2G-2} i P_{x+y}(i)$
Cluster prominece	$\sum_{i,j} i = j - \mu_x - \mu_y^4(i,j)y$
Energy	$\sum_{i=0}^{N_i} \sum_{j=0}^{N_j-1} p(i,j)^2$

III. RESULT

Table 2는 갑상샘초음파 영상의 Normal, Mild, Moderate에 GLCM 알고리즘을 적용하여 산출한 파라미터 Autocorrelation, Sum of squares, Sum average, Sum variance, Cluster prominece, Energy의 평균값과 표준편차값을 나타내었다.

Table 2. Analysis of GLCM algorithm in the thyroid disease (Mean ± SD)

Parameters \ Grade	Normal	Mild	Moderate
Autocorrelation	68.27±13.18	38.48±6.68	22.12±4.49
Sum of squares	16.95±3.70	9.34±1.63	5.52±1.10
Sum average	222.88±46.93	111.58±21.16	60.44±9.59
Sum variance	32.80±3.06	24.50±2.07	18.47±1.82
Cluster Prominence	5.18±3.09	11.93±11.92	23.82±18.44
Energy	2.25±0.61	2.06±0.68	1.60±0.46

Autocorrelation의 Normal 평균값은 68.27, Mild는 38.48, Moderate는 22.12로 나타났다. Sum of squares의 Normal 평균값은 16.95, Mild는 9.34, Moderate는 5.52로 나타났다. Sum average의 Normal 평균값은 222.88, Mild는 111.58, Moderate는 60.44로 나타났다. Sum variance의 Normal 평균값은 32.80, Mild는 24.50, Moderate는 18.47로 나타났다. Cluster prominence의 Normal의 평균값은 5.18, Mild는 11.93 Moderate는 23.82로 나타났다. Energy의 Normal의 평균값은 2.25, Mild는 2.06 Moderate는 1.60으로 나타났다. Autocorrelation, Sum of squares, Sum average, Sum variance의 경우 산출된 값을 이용하여 Normal, Mild, Moderate를 분류할 수 있었다. Cluster prominence, Energy의 경우에는 GLCM 파라미터들을 이용하여 Normal, Mild, Moderate를 분류할 수 없었다.

IV. DISCUSSION

초음파 검사는 갑상샘질환의 미세한 변화를 관찰하는데 매우 유용하다고 알려져 있다. 갑상샘 결절의 악성과 양성에 대한 초음파 분석은 많이 보고되어 있지만 미만성 갑상샘질환 초음파 영상에서 명확한 분석은 미비한 실정이다.

최근 초음파기기와 컴퓨터 프로그램의 발달로 미만성 갑상샘질환 중 몇몇 질환은 특징적인 초음파 소견을 통해 감별 진단이 가능해지고 있다¹⁰⁾. 하시모토 갑상샘염에서 갑상샘 실질의 에코형태가 저에코 음영이 보이면 갑상샘 기능이 저하되고 낭

포성 퇴화(Follicular Degeneration)를 의심할 수 있다고 한다. 또한 하시모토 갑상샘염에서 초기에는 갑상샘이 비대(Hypertrophy)해지고 임파구(Imphocyte)와 Plasma세포가 침착되고, 시간이 지날수록 다양한 섬유화로 진행된다는 보고도 있다⁶⁾.

그레이브스 질환과 하시모토 갑상샘염의 에코는 비균질성(Heterogeneous)이 심하고 저음영(Hypoecogenicity)일수록 기능항진(Hyperthyroidism)의 심도(Severity)와 강한 연관성이 있다는 보고가 있다⁷⁾.

갑상샘 초음파 영상 결과가 정도 이상으로 거칠고 저음영 에코로 진단되었을 때에는 임상적 불편감이 없더라도 추가적으로 갑상샘 기능 검사를 병행하여 갑상샘염증 초기를 진단하는 것이 중요하다고 판단된다. 즉 갑상샘 초음파 검사에서 정도와 중등도 이상 거칠고 저음영이 증가될수록 갑상샘 기능 저하 또는 항진증과 연관성이 많으므로 초음파진단 결과를 세심하게 관찰할 필요가 있다.

본 실험에 참여한 대상자들은 두경부 쪽의 특이한 통증이나, 피로감 등 임상적 불편감이 없었고 검진으로 갑상샘 초음파 검사를 실시하였다. 그레이브스 갑상샘염증과 하시모토 갑상샘염증의 성별 발생률은 남자보다 여자가 높았고, 연령으로는 50-60대가 3배 이상으로 높게 나타났다. 갑상샘 초음파 영상 중에 전반적으로 픽셀밝기 값이 감소하여 저음영 정도가 증가될수록 갑상샘 기능이 항진되는 그레이브스 갑상샘염증이 증가하였다.

V. CONCLUSION

초음파 검사는 개인의 숙련도에 따라 보는 영상의 차이와 진단의 차이가 많이 나는 지극히 주관적인 검사이다. 특히 미만성 갑상샘질환에서는 전반적인 갑상샘 실질의 거친 정도와 밝기를 육안으로 진단하기에는 주관적 오류가 크다. 정상과 미만성 질환의 경미한 경계선상에서는 더욱 그러하다.

본 논문에서 GLCM 알고리즘을 이용한 미만성 갑상샘질환의 심각도(Sensitivity) 정도를 정량적으로 분류함으로써 정도, 중등도 이상 갑상샘염증을 구분할 수 있었다. 또한 GLCM 알고리즘을 적용하여 영상을 분석한 결과 Cluster prominence 69.8%, Energy 61.6%의 낮은 인식률을 보였다.

Autocorrelation 90%, Sum of squares 95%, Sum average 97%, Sum variance 93%의 높은 분류률을 나타내어 미만성 갑상샘 질환의 보조적 진단 방법으로 가치가 있다고 판단된다.

본 연구는 지역의 환경, 환자의 특징에 따른 제한성은 있었으나, 갑상샘 상태에 대한 평가 및 치료 후 갑상샘 상태 추적 평가에 도움을 줄 것으로 기대한다. 앞으로 연구 증례 수와 연구 기간을 증가시켜 장기적인 추적검사가 시행된다면 더욱 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 연구는 2021년 부산가톨릭대학교 교내학술 연구과제로 수행되었다.

Reference

- [1] J. H. Shin, J. H. Baek etc, "Ultrasonography Diagnosis and Imaging-Based Management of Thyroid Nodules: Revised Korean Society of Thyroid Radiology Consensus Statement and Recommendations", Korean Journal of Radiology, Vol. 17, No. 3, pp. 370-395, 2016.
<http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2016.17.3.370>
- [2] H. Y. Yuen, K. T. Wong, A. T. Ahuja, "Sonography of diffuse thyroid disease Journal of Surgical Ultrasound", Australasian Society for Ultrasound in Medicine, Vol. 19, No. 1, pp. 13-29, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1002/ajum.12001>
- [3] M. Dednam, "The interpretation and management of thyroid disorders", Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa, Vol. 20, No. 2, pp. 1-9, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1080/20786204.2013.10874338>
- [4] Priyanka, Dharmender Kumar, "Feature Extraction and Selection of kidney Ultrasound Images Using GLCM and PCA", Procedia Computer Science, Vol. 167, pp. 1722-1731, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.382>
- [5] W. Lee, H. Lahoot, J. R. Wall, "Correlation between Thyroid Ultrasound Findings and Eye Signs in Patients with Hashimoto Thyroiditis", EC phthalmol, Vol. 11, pp. 25-30, 2020.
- [6] J. Chung, Y. J. Lee, Y. J. Choi, E. J. Ha, C. H. Suh, "Clinical applications of Doppler ultrasonography for thyroid disease: consensus statement by the Korean Society of Thyroid Radiology", Ultrasonography, Vol. 39, No. 4, pp. 315-330, 2020.
<http://dx.doi.org/10.14366/usg.20072>
- [7] P. Pishdad, G. R. Pishdad, S. Tavanaa, R. Pishdad, R. Jalli, "Thyroid Ultrasonography in Differentiation between Graves' Disease and Hashimoto's Thyroiditis", Journal of Biomedical Physics and Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 21-26, 2017.
- [8] Y. H. Cho, "A Performance Improvement of GLCM Based on Nonuniform Quantization Method", Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 25, No. 2, pp. 133-138, 2015.
<http://dx.doi.org/10.5391/JKIS.2015.25.2.133>
- [9] Prerna Singh, Ramakrishnan Mukundan, Rex De Ryke, "Feature Enhancement in Medical Ultrasound Videos Using Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization", Journal of Digital Imaging, Vol. 33, pp. 273-285, 2019.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10278-019-00211-5>
- [10] Y. J. Yoo, E. J. Ha, Y. J. Cho, H. L. Kim, M. R. Han, S. Y. Kang, "Computer-Aided Diagnosis of Thyroid Nodules via Ultrasonography: Initial Clinical Experience", Korean Journal of Radiology, Vol. 19, No. 4, pp. 665-672, 2018.
<http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2018.19.4.665>

미만성 갑상샘 질환에서 GLCM을 이용한 초음파 영상 분석

예수영*

부산가톨릭대학교 방사선학과

요 약

미만성 갑상샘질환은 그 진단 기준이 모호하고 숙련자의 주관적인 진단에 따라 오류가 많이 발생한다. 또한 갑상샘 결절의 초음파 영상에 관한 연구는 활발히 이루어졌지만 미만성 갑상샘질환에 관한 연구 사례는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 정상과 미만성 갑상샘질환의 영상에 GLCM 알고리즘을 적용하여 영상의 특징을 추출하고 추출된 특징값을 파라미터를 이용하여 정량적인 분석을 하였다. W 병원에서 진단한 환자의 갑상샘 초음파 영상을 대상으로 GLCM 알고리즘을 이용하여 정상 199증례, 경도 132증례, 중등도 99증례 총 영상 430증례에 관심영역(50x50 pixel)을 설정하고, 각 영상에서 Autocorrelation, Sum of squares, Sum average, Sum variance, Cluster prominence, Energy 6가지 파라미터를 이용하여 분석하였다.

Autocorrelation, Sum of squares, Sum average, Sum variance 4가지 파라미터에서 Normal, Mild, Moderate를 구분하는데 90%이상의 높은 인식률을 보였다. 미만성 갑상샘질환의 초음파영상에서 GLCM 알고리즘을 이용하여 미만성 갑상샘질환의 심각도 정도를 분류하는 기준으로서 가치가 있다. 이러한 파라미터를 적용하여 갑상샘질환의 진단에 있어 육안 판독에 따른 오류를 감소시키고 미만성 갑상샘질환 진단의 2차적인 수단으로 활용 가능할 것으로 기대된다.

중심단어: 미만성 갑상샘질환, 갑상샘 초음파 영상, GLCM 알고리즘

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	예수영	부산가톨릭대학교	부교수