

퍼지 스트레칭과 SOM 기반 양자화를 이용한 어깨 초음파 영상에서의

인대 손상 영역 추출

김윤호⁰, 김민하^{*}, 송유선^{**}, 김광백^{*}

⁰신라대학교 컴퓨터공학과

^{**}부산대학교 대학병원 영상의학과

e-mail: {kyho185, m_i_n_h_a}@naver.com, yssongrad@gmail.com, gbkim@silla.ac.kr

Tear Extraction from Ultrasonic Images of Shoulder using Fuzzy Stretching and SOM Based Quantization

Yoon-Ho Kim⁰, Min-Ha Kim^{*}, Yu-Seon Song^{**}, Kwang-Beak Kim^{*}

⁰Dept. of Computer Engineering, Silla University

^{**}Dept. of Radiology, Pusan national University Hospital

● 요 약 ●

본 논문에서는 어깨 초음파 영상을 분석하여 인대 손상(Tear) 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 ROI(Region of Interest) 영역을 추출하고 추출된 ROI 영역에서 사다리꼴 형태의 소속 함수를 적용한 퍼지 스트레칭 기법을 이용하여 명암 대비를 높인다. 명암 대비가 조정된 ROI 영역에서 밝기 평균 이진화 기법을 적용하여 ROI 영역을 이진화한다. 이진화가 적용된 ROI 영역에서 워터셰드 기법을 적용하여 연골과 힘줄의 후보 영역들을 추출한다. 추출된 연골과 힘줄의 후보 영역들 중에서 위에서 아래로 스캔하여 수평 너비가 가장 큰 영역에 해당하는 힘줄 영역의 상단 경계선을 추출한다. 그리고 아래에서 위로 스캔하여 수평 너비가 가장 큰 영역의 상단 경계에 스플라인 곡선을 적용하여 연골 영역의 상단 경계선을 추출한다. 힘줄 영역의 상단 경계선과 연골 영역의 상단 경계선 양 끝에 2차 함수 곡선을 적용하여 곡선 사이의 양자화할 영역을 추출한 후, SOM 기법을 적용하여 인대 손상 후보 영역을 양자화한다. 양자화된 인대 손상 후보 영역을 분석하여 어깨 힘줄의 손상 영역과 비손상 영역을 구분하고 인대 손상(Tear) 영역을 추출한다.

제안된 방법을 어깨 힘줄이 있는 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 인대 손상(Tear) 영역이 비교적 정확히 추출되었다.

키워드: 어깨 부위(shoulder), 힘줄(tendon), 인대 손상(tear), 스플라인 곡선(spline curve line), 워터셰드(watershed), SOM

I. Introduction

기존의 인대 손상 영역 추출 방법[1]은 인대 손상 영역이 포함되어 있는 연골 상단 영역을 FCM 기법을 적용하여 양자화하였다. 그러나 FCM 기법에서는 클러스터 수를 정적으로 설정하기 때문에 일부 영상에서는 인대 손상 영역이 다른 영역으로 분류되는 경우가 발생하여 인대 손상 영역이 부정확하게 추출되거나 추출되지 않는 경우가 발생하였다.

따라서 본 논문에서는 히스토그램 정보를 분석하여 동적으로 클러스터 수를 설정한 후, 주변의 유사한 특징들을 탐색하여

클러스터링하는 SOM 기반 양자화 기법을 적용하여 인대 손상 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

어깨 인대 손상(Tear)은 어깨를 감싸고 있는 회전 근개의 일부에 상처가 생긴 것을 말한다. 그림 1에서 알 수 있듯이 어깨 인대 손상은 연골과 삼각근 사이의 극상근 힘줄 영역에 나타나며, 다른 영역에 비해 명암도가 낮게 나타난다는 특징을 가지고 있다[2, 3].

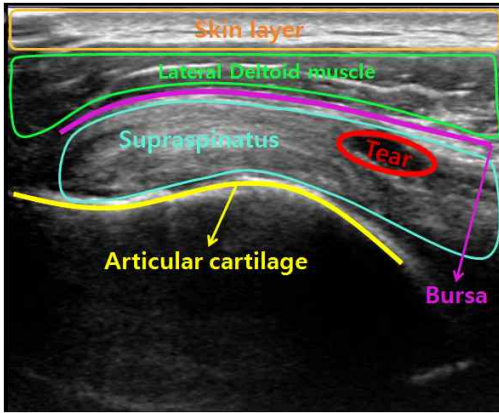


그림 1. 어깨 초음파 영상 분석

초음파 영상은 촬영 기계의 상태나 촬영 방법에 따라 같은 부위라도 명암도가 다르게 나오거나 인대 손상(Tear) 영역의 경계가 선명하게 나타나지 않는 경우가 발생하여 올바른 진단이 어려워질 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 진단에 필요한 객관적인 정보를 얻기 위해 어깨 초음파 영상에서 인대 손상을 추출하는 방법을 제안한다.

II. 어깨 인대 손상 영역 추출

제안된 인대 손상 추출 방법은 그림 2와 같다.

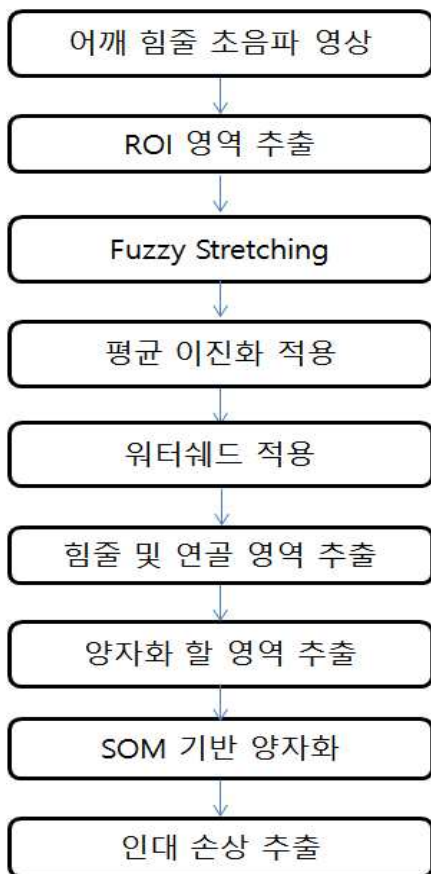


그림 2. 인대 손상(Tear) 추출 과정

퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비가 조정된 ROI 영역에서 밝기 평균 이진화 기법을 적용하여 ROI 영역을 이진화한 후, 연골과 힘줄의 후보 영역들을 추출하기 위하여 워터셰드 기법[4]을 적용한다.

추출된 연골과 힘줄의 후보 영역들 중에서 위에서 아래로 스캔하여 수평 너비가 가장 큰 영역에 해당하는 힘줄 영역의 상단 경계선을 추출한다. 그리고 아래에서 위로 스캔하여 수평 너비가 가장 큰 영역의 상단 경계에 스플라인 곡선[5]을 적용하여 연골 영역의 상단 경계선을 추출한다.

추출된 양자화할 영역에서 히스토그램을 분석하여 히스토그램의 꼭지점 수만큼 클러스터 수를 설정한 후, 육각형 학습반경을 이용한 SOM[6] 기반 양자화 기법을 적용하여 양자화한다. SOM 알고리즘 순서도는 그림 3과 같다.

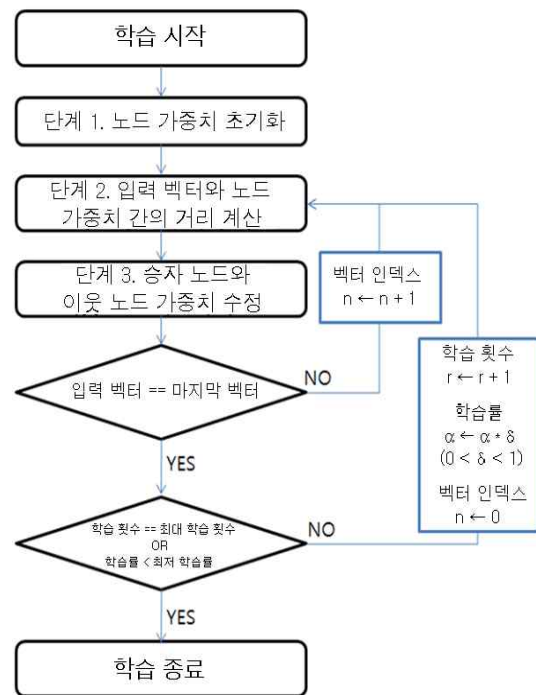
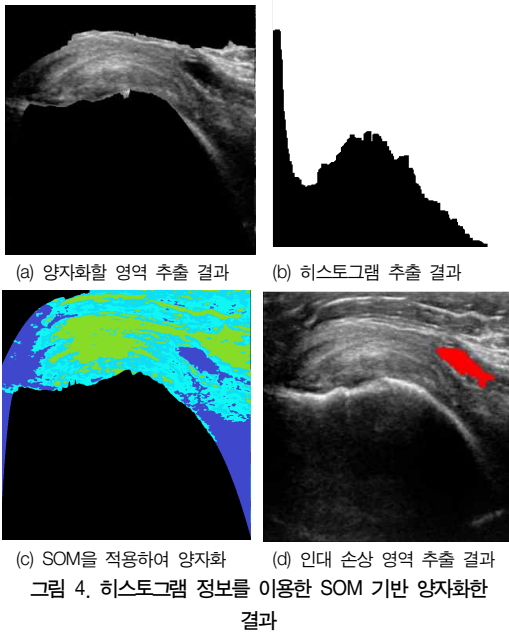


그림 3. SOM 알고리즘 순서도

양자화된 영역의 좌측 끝과 우측 끝에 위치한 가장 낮은 명암도를 가지는 클러스터에 속한 영역을 인대 손상 후보 영역에서 제외시킨 후, 남은 영역들 중 가장 낮은 명암도를 가지는 클러스터에 속한 영역들에 대하여 거리 변환 기법을 적용하여 국부 최소값을 가지는 영역을 추출한다. 추출된 국부 최소값을 가지는 영역이 속한 클러스터 객체를 추출하여 최종적으로 인대 손상 영역을 추출한다. 그림 4(a)는 양자화할 영역을 추출된 결과이며 그림 4(b)는 추출된 양자화할 영역의 히스토그램이다. 그림 4(c)는 히스토그램의 꼭지점을 이용하여 클러스터 수를 설정한 후 SOM 알고리즘을 적용하여 양자화된 결과이며, 그림 4(d)는 양자화된 영역에서 인대 손상 영역을 추출한 결과이다.



III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 27개의 어깨 초음파 영상을 대상으로 제안된 인대 손상 추출 방법을 실험하였다. 제안된 인대 손상 추출 방법은 Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU, 4.00GB RAM이 장착된 PC 상에서 Visual Studio 2010으로 구현하였다. 제안된 방법으로 인대 손상을 추출한 결과, 그림 5와 같이 인대 손상(Tear) 영역이 비교적 정확히 추출되었다.

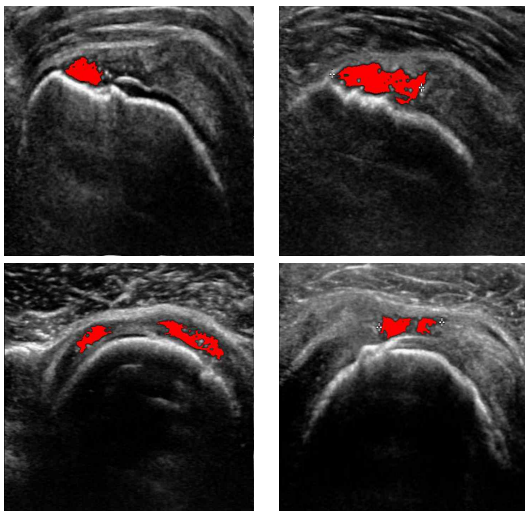


그림 5. 인대 손상 영역 추출 결과

제안된 인대 손상 추출 방법으로 인대 손상 추출에 실패한 경우는 그림 6과 같다. 그림 6(a)는 위터쉴드 기법을 적용하기 위하여 국부 최대값을 가지는 영역을 추출하는 과정에서 국부 최대값을 가지는 영역의 추출에 실패하여 극상근 영역이 부정확하게 추출되었기 때문에 인대 손상 영역뿐만 아니라 인대 손상이 아닌 영역도 함께

추출된 경우다.

그림 6(b)는 인대 손상 영역과 인대 손상 영역의 수평 경계선 주위의 명암도 차이가 적어서 제안된 방법으로 추출된 인대 손상(Tear) 후보 영역 중에서 좌측 끝과 우측 끝에 위치한 영역을 인대 손상 후보 영역에서 제외하는 과정에서 인대 손상 영역도 같이 제거되어 인대 손상 영역이 추출되지 않은 경우이다.

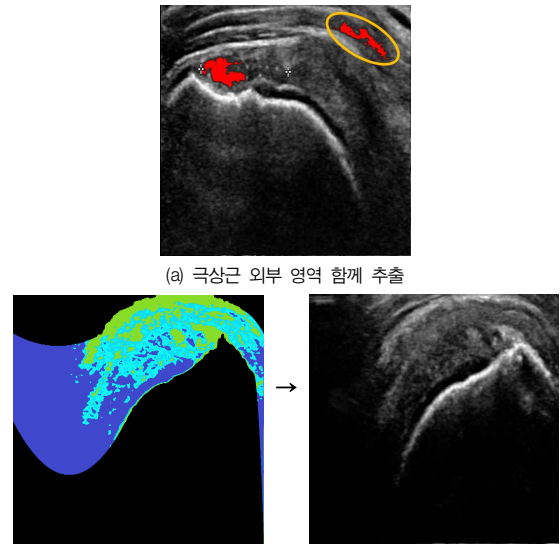


그림 6. 인대 손상 영역 추출 실패

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 어깨 초음파 영상을 분석하여 인대 손상(Tear) 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 그러나 추출 과정에서 인대 손상(Tear) 후보 영역 중 좌측 끝과 우측 끝에 위치한 영역은 후보에서 제외시키는 과정에서 인대 손상 영역이 비손상 영역과 연결되어 같이 제거되거나 위터쉴드 기법을 적용하여 힘줄영역과 연골영역을 추출하는 과정에서 극상근 외부까지 객체 영역을 확장하여 극상근 영역이 부정확하게 추출되어서 인대 손상 영역 뿐만 아니라 인대 손상이 아닌 영역도 함께 추출된 경우가 발생하였다.

따라서 향후 연구 방향은 극상근 영역이 부정확하게 추출되어서 인대 손상 영역 뿐만 아니라 인대 손상이 아닌 영역도 함께 추출된 경우와 인대 손상 영역이 비손상 영역과 연결되어 같이 제거되는 경우가 발생하여 인대 손상 영역이 추출되지 않는 경우에 대해서 Fuzzy Deep Learning 기법을 적용하여 현재 제안된 방법보다 인대 손상 영역을 정확히 추출할 수 있도록 연구할 것이다.

References

[1] mhkim, jhlee, bsson, yhkim, gbkim, "Tear Extraction from Ultrasonic Images of Shoulder Tendon using Image

- Processing”, Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol.20, No.1, pp.477-479, 2016.
- [2] sjsin, “Diagnosis for Acute Traumatic Shoulder Injuries”, Korean Shoulder and Elbow Society, pp.52-64, 2012.
- [3] jjkim, kwnam, yglee, dkbae, gnlyu, “Sonographic Evaluation of Rotator Cuff Tears”, Journal of The Korean Orthopaedic Association, Vol.28, No.1, pp.172-178, 1993.
- [4] tjkim, cykim, gsgo, "Segmentation By Watershed“, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol.22, No.2, pp573-576, 1999.
- [5] gbkim, “Extraction of Appendicitis from Ultrasonic Images Using ART2”, The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol.8, No.1, pp.98-101, 2014.
- [6] gbkim, “Recognition of Car Plate using SOM Algorithm and Development of Parking Control System”, Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol.7, Issue 5, pp.1052-1061, 2003.