

경추 초음파 영상에서의 심부 경부 굴곡근 두께 측정 방법

김광백[○], 홍동진^{*}

^{○*}신라대학교 컴퓨터공학과

e-mail: gbkim@silla.ac.kr[○], sabinfordream@gmail.com^{*}

Measurement Method of Deep Cervical Flexors from Cervical Ultrasound Images

Kwang-Baek Kim[○] and Dong-Jin Hong^{*}

^{○*}Dept of Computer Engineering, Silla University

● 요약 ●

본 논문에서는 경추 초음파 DICOM 영상에서 심부 경부 굴곡근의 하단 후보 경계선을 이용하여 경추가 위치하는 후보 영역을 추출한다. 추출한 경추 후보 영역에 퍼지 시그마 이진화 기법을 적용하여 경추 객체를 추출한다. 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하기 위한 측정 기준점을 정확하게 추출하기 위해 심부 경부 굴곡근의 하단 경계선의 위치 정보를 이용하여 심부 경부 굴곡근 내의 지방이 경추 객체로 추출되는 문제점을 개선하고, 개선된 영상에서 경추 객체들이 가진 픽셀 좌표를 이용하여 측정 기준점을 설정한다. 그 후, 객체들의 위치 정보를 이용하여 측정 기준점을 다시 설정한다. 심부 경부 굴곡근 영역과 측정 기준점을 이용하여 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정한다. 제안된 방법을 경추 초음파 DICOM 영상에 적용하여 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정된 결과, 기존의 심부 경부 굴곡근 두께 측정 방법보다 정확한 결과를 얻을 수 있는 것을 확인하였다.

키워드: 심부 경부 굴곡근(Deep Cervical Flexor), Cubic Spline, 퍼지 시그마 이진화(Fuzzy Sigma Binarization)

I. 서론

초음파 검사는 높은 대역대의 음파를 이용해서 인체의 혈관 및 장기의 형태를 확인하고 검사하는 방법이다. 측정하는 전문의의 장비 조작 기술과 전문성에 따라 얻어지는 영상의 질과 진단 결과가 달라지며, 육안으로 판단해야 하기 때문에 오차가 발생할 가능성이 높다는 단점이 있다. 하지만 CT나 MRI 장비에 비해 촬영이 간편하고 인체에 해가 없으며 실시간으로 진단 상태를 관찰할 수 있다는 장점이 있기 때문에 시간이 지날수록 초음파 영상을 이용한 진단 및 치료는 비중이 더 커지고 있다[1, 2].

기존의 심부 경부 굴곡근 추출 방법[3]은 경추 초음파 촬영시 초음파의 산란으로 인해 명암도 변화가 각 과정을 수행하는 도중에 경추의 손실이나 단절되어 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하기 위한 기준점이 정확히 추출되지 않거나 근육 사이에 있는 지방층이 가지는 밝은 명암도로 인하여 경추를 추출함에 있어 정확도가 낮아지는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 Linear 경추 초음파 영상에서 초음파 산란이나 심부 경부 굴곡근 내의 지방층으로 인해 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하기 위한 기준점 설정의 문제점을 개선한 방법을 제안한다.

II. 제안된 심부 경부 굴곡근의 두께 측정 방법

1. 경추 후보 영역 추출

경추 초음파 DICOM 영상에는 영상 처리 과정을 수행함에 있어 방해 요소가 되는 촬영 정보들이 나타나있다. 따라서 경추 초음파 DICOM 영상을 데이터화 한 후에 초음파 영상만을 추출하여 초기 ROI 영역으로 설정한다. 그림 1은 경추 초음파 DICOM 영상에서 초기 ROI 영역을 설정한 영상이다.

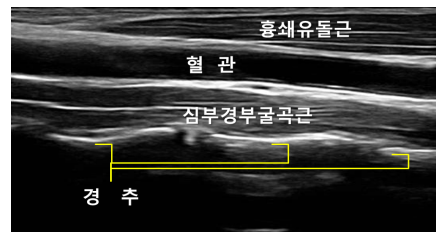


그림 1. 경추 ROI 영역

본 논문에서 제안하는 경추 초음파 DICOM 영상에서 심부 경부 굴곡근을 두께를 측정하기 위한 과정은 그림 2와 같다.

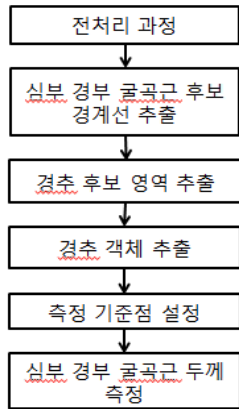


그림 2. 심부 경부 굴곡근 두께 측정 과정

초기 ROI 영역에서 근막과 근육의 경계를 뚜렷하게 하기 위해 Ends_In Search Stretching 기법을 적용하여 명암 대비를 강조한다. 명암 대비가 강조된 영상에 평균 이진화 기법을 적용한 뒤, 식 (1)을 적용하여 잡음을 제거하고 혈관의 위치 정보를 이용하여 심부 경부 굴곡근의 후보 영역을 추출한다. 그림 3은 각 과정들을 나타내는 영상들이다.

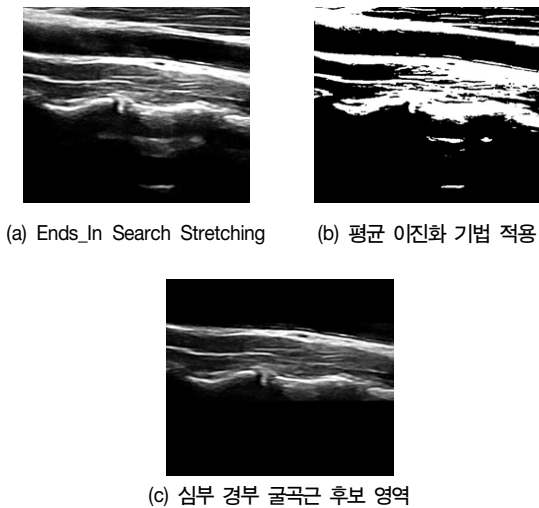


그림 3. 심부 경부 굴곡근 후보 영역 추출 과정

$$Object\ Remove = \begin{cases} Object\ Area < 600 \\ Object\ Left\ Location < 50 \\ Object\ Width < Image\ Width \end{cases} \quad (1)$$

식(1)을 이용하여 평균 이진화가 적용된 ROI 영상에 Blob 알고리즘을 적용하여 픽셀들을 객체화 시킨 후에 객체의 크기가 600 보다 작거나, 또는 객체의 좌측 위치가 (50, n) 보다 작고 객체의 너비가 영상 너비의 절반에 미치지 못하면 잡음으로 간주하여 제거한다. 잡음이 제거된 영상에서 상하 탐색법을 이용하여 남아있는 객체의 위치 정보들 중에 y축 값이 가장 높은 값과 가장 낮은

값을 탐색한다. 탐색된 위치 좌표 값들을 이용하여 그림 3(c)와 같이 ROI 영상에서의 심부 경부 굴곡근의 후보 영역을 설정한다. 심부 경부 굴곡근 후보 영역에 평균 이진화 기법을 적용한 뒤, 상하 탐색법을 적용하여 각 열의 상, 하단 픽셀을 탐색하고 상, 하단 픽셀 사이에 있는 픽셀값을 255로 설정한다. 그 후, 심부 경부 굴곡근 후보 영역 내에서 각 행들을 좌측부터 조사하여 픽셀 값이 255인 값을 가진 픽셀들이 30픽셀 간격 내에 있을 경우에는 픽셀들 사이의 픽셀 값을 255로 설정하여 끊어진 부분을 연결한다. 이러한 방법을 이용하여 심부 경부 굴곡근 후보 영역 내에서 심부 경부 굴곡근 후보 객체를 설정한 결과는 그림 4와 같다.

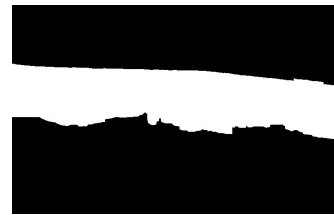


그림 4. 심부 경부 굴곡근 후보 객체

심부 경부 굴곡근 후보 객체의 하단 부분에 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 심부 경부 굴곡근 후보 객체의 하단 경계선을 추출한다. 추출된 심부 경부 굴곡근의 하단 경계선을 Cubic Spline 보간법[4]을 적용하여 보정한다. 그림 5(a)는 보정된 심부 경부 굴곡근 후보 객체의 하단 경계선이며 그림 5(b)는 경추 후보 영역이다.

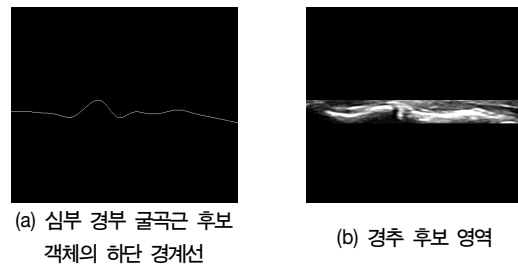


그림 5. 심부 경부 굴곡근 후보 객체의 하단 경계선 및 경추 후보 영역

2. 경추 객체 추출

경추 객체를 추출하기 위해 경추 후보 영역에 퍼지 시그마 이진화 방법[3]을 적용한다. 퍼지 시그마 이진화 기법을 적용한 경추 후보 영역에 Blob 알고리즘을 이용하여 잡음을 제거한다. 그림 6(a)는 경추 후보 영역에 퍼지 시그마 이진화 기법을 적용한 영상이고 그림 6(b)는 Blob알고리즘을 이용하여 잡음을 제거한 영상이다.

잡음을 제거한 경추 후보 영역에서 경추 부분이 미세하게 끊어진 부분을 연결하기 위하여 팽창 연산을 적용한다.

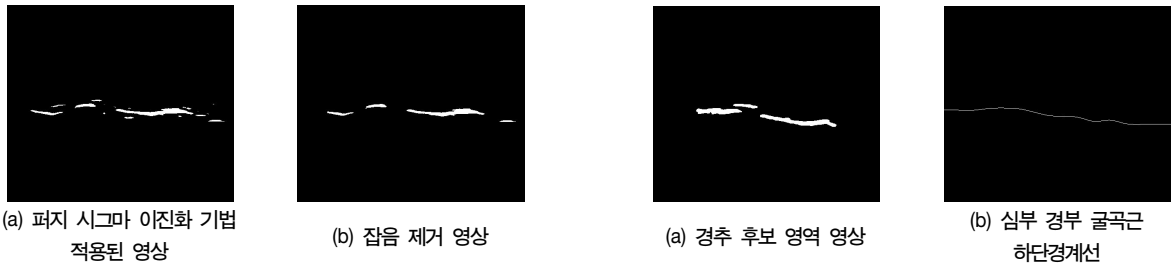


그림 6. 퍼지 시그마 이진화 기법 적용 및 잡음 제거

심부 경부 굴곡근의 두께 측정은 경추 초음파 DICOM 영상에서 나타난 세 개의 경추 중에 좌측 경추의 우측 끝 부분을 기준점으로 측정한다. 측정 기준점이 되는 좌측 경추는 영상 너비의 중간보다 우측에 위치하지 않는다. 따라서 팽창 연산이 적용된 경추 후보 영역을 레이블링하여 객체들의 위치 정보를 획득한 후, 가장 좌측에 있는 객체가 영상 너비의 중간보다 우측에 위치할 경우에는 좌측 경추가 소실된 것으로 간주한다. 이러한 경우에는 퍼지 시그마 이진화 기법이 적용된 영상의 중심을 기준으로 가중치 값을 부여하여 좌측 경추가 잡음으로 제거되지 않도록 한다. 가중치 값을 부여하기 위한 식은 식 (2)와 같다.

$$\alpha = 1.0 + \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} / 1000 \quad (2)$$

$$Pixel(x, y) = Pixel(x, y) * \alpha$$

식 (2)에서 α 는 가중치를 나타내며, 영상의 중심(x_1, y_1)으로부터 좌측 방향으로 멀리 떨어져있는 픽셀일수록 높은 가중치 값을 가진다. α 를 이용하여 픽셀 값을 보정하여 좌측 경추를 보다 정확히 탐색하여 잡음으로 제거되지 않도록 한다.

3. 지방 제거 및 측정 기준점 추출

심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하기 위한 측정 기준점을 추출한다. 경추 초음파 DICOM 영상에서 좌측 경추의 우측 좌표를 측정 기준점으로 설정한다. 측정 기준점을 추출하기 위해 경추 후보 영역에 퍼지 시그마 이진화 기법을 적용하여 잡음을 제거한 후, 팽창 연산을 적용하여 좌측 경추 객체를 추출한다. 팽창 연산을 적용한 경추 후보 영역 영상에 Blob 알고리즘을 적용하여 레이블링한 후, 경추 객체들 중에서 경추 객체가 심부 경부 굴곡근의 하단 경계선보다 윗부분에 위치하는 경우에는 심부 경부 굴곡근 내의 지방이 경추로 간주되어 추출되는 경우가 발생한다. 따라서 심부 경부 굴곡근 하단 경계선보다 위쪽에 위치한 객체들을 일차적으로 제거한다. 그림 7은 심부 경부 굴곡근 내의 지방을 제거하는 과정이다.

지방이 제거된 경추 객체들 중에서 좌측 경추 객체의 우측 픽셀 좌표를 측정 기준점으로 설정한다. 그리고 Cubic Spline 보간법으로 보정된 심부 경부 굴곡근 후보 영역의 하단 경계선에서 y축 값이 가장 큰 픽셀의 좌표를 탐색한다.



그림 7. 심부 경부 굴곡근 내의 지방 제거

탐색한 좌표의 y축 값이 설정된 측정 기준점의 y축 값보다 클 경우에는 이 좌표의 x축 값보다 좌측 x축 값이 작고 우측 x축 값이 큰 경추 객체를 탐색한다. 이 객체의 우측 값이 영상의 절반보다 작을 경우에는 이 객체의 우측 값이 위치한 픽셀 좌표를 측정 기준점으로 갱신한다. 이러한 과정으로 설정된 측정 기준점은 그림 8과 같다.

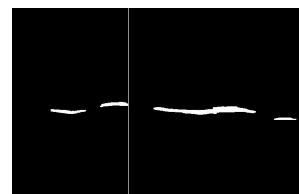


그림 8. 측정 기준점 추출

최종적으로 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하는 영상은 그림 9와 같다. 그림 9는 측정 기준점에서 우측으로 1cm 간격으로 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하는 영상이다. 그림 9(a)는 물리치료가 직접 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하는 결과이며 그림 9(b)는 본 논문에서 제안한 방법으로 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하는 결과이다.

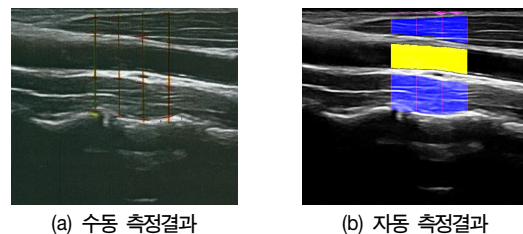


그림 9. 심부 경부 굴곡근 두께 측정 결과

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안한 방법을 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7300와 2.00GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC 상에서 Visual Studio 2008로 구현하였으며, Linear 초음파 동영상에서 획득한 800×600 크기의 DICOM 형식으로 저장된 영상 200장을 대상으로 실험하였다. 그림 10은 본 논문에서 제안된 방법을 구현한 화면이다.

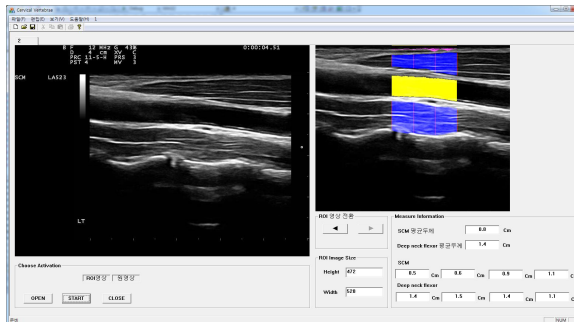


그림 10. 제안된 방법의 구현 화면

표 1은 경추 초음파 DICOM 영상에서 기존의 심부 경부 굴곡근 추출 방법과 제안된 심부 경부 굴곡근 방법 간의 추출률을 나타내었다.

표 1. 심부 경부 굴곡근 두께 추출 결과

(추출 성공/실험 영상 수)		
	기존의 방법	제안된 방법
심부 경부 굴곡근 추출률	147 / 200 (73.5%)	197 / 200 (98.5%)

표 1과 같이 200장의 실험 영상 중에서 197장이 추출되었고 물리치료사의 측정 결과와 비교하여 기존의 방법보다 제안된 방법이 비교적 정확하게 심부 경부 굴곡근의 두께가 측정되었다. 그림 11은 기존의 방법과 제안된 방법으로 측정 기준점으로부터 좌우 1cm 간격의 심부 경부 굴곡근 두께를 측정한 결과를 나타낸 것이다.

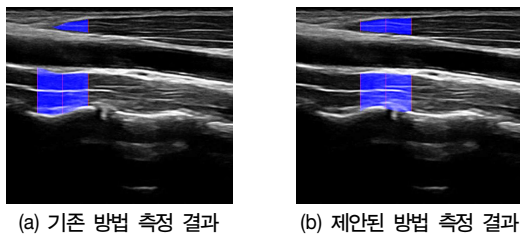


그림 11. 기존 방법과 제안된 방법 측정 결과 비교

그림 11(a)와 같이 기존의 추출 방법은 초음파 산란으로 인해 측정 기준점을 설정하기 위한 경추 객체가 크게 손실되어 기준점이 정확히 설정되지 않아 물리 치료사가 제시한 측정 기준점과 차이를 보였다. 그러나 제안된 방법은 경추와 심부 경부 굴곡근의 하

단 경계선의 위치 정보를 이용하였기 때문에 그림 11(b)와 같이 비교적 물리 치료사가 제시한 측정 결과와 근접한 결과를 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 경추 초음파 DICOM 영상에서 초음파 산란 및 심부 경부 굴곡근 내의 지방으로 인해 심부 경부 굴곡근의 두께를 측정하는데 정확성이 낮아지는 문제점을 개선한 방법을 제안하였다. 심부 경부 굴곡근의 후보 하단 경계선을 이용하여 경추 후보 영역을 추출하였다. 경추 후보 영역에 퍼지 시그마 이진화 기법을 적용하여 경추 객체를 추출하였고 Blob 알고리즘을 이용하여 잡음을 제거하였다. 그리고 경추 객체들의 위치 정보를 이용하여 좌측 경추의 후보 객체가 추출되도록 하였다. 좌측 경추의 후보 객체가 추출되지 않을 경우에는 퍼지 시그마 이진화가 적용된 영상의 중심을 기준으로 가중치 값을 부여하여 보정하였다.

측정 기준점을 추출하기 위해 심부 경부 굴곡근의 하단 경계선의 위치 정보를 이용하여 심부 경부 굴곡근 내의 지방이 경추 객체로 추출되는 것을 제거하였다. 지방이 제거된 경추 후보 영역의 객체들 중에서 좌측 경추 객체의 우측 좌표를 측정 기준점으로 설정하였다. 그 후에 Cubic Spline 보간법으로 보정된 심부 경부 굴곡근 후보 영역의 하단 경계선과 경추 객체들의 위치 정보를 이용하여 측정 기준점을 보정하였다. 제안된 심부 경부 굴곡근 두께 측정 방법을 적용한 결과, 200장의 경추 초음파 DICOM 영상 중에서 197장에서 물리치료사의 심부 경부 굴곡근의 두께 측정 결과와 근접한 결과를 얻었다.

향후 연구 과제는 제안된 심부 경부 굴곡근의 두께 측정 방법을 다양한 환자들에게 적용한 후, 임상 실험을 진행할 것이다.

참고문헌

- [1] Van Holsbeda MT & Introcas JH, Musculoskeletal Ultrasound, Philadelphia, PA : Mosby Press, 2001.
- [2] F. W. Kremkau, "Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments," Philadelphia, PA: Saunders, 2002.
- [3] M. S. Han, H. J. Lee, K. B. Kim, "Extraction of Deep Neck Flexors from Cervical Ultrasound Images using Enhanced Fuzzy Techniques," Proceedings of KIMICS, Vol.15, No.2, pp.204-207, 2011.
- [4] K. B. Kim, D. H. Song, Y. H. Joo, H. J. Lee and Y. W. Woo, "Extraction of Muscle Areas from Ultrasonographic Images Using Refined Histogram Stretching and Fascia Information," Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, Vol. 7, 2010.