

개선된 퍼지 기법을 이용한 경추 초음파 영상에서의 경부심골곡근 추출

한민수* · 이해정** · 김광백***

*신라대학교 컴퓨터교육과

**신라대학교 물리치료학과

***신라대학교 컴퓨터공학과

Extraction of Deep Neck Flexors from Cervical Ultrasound Images using Enhanced Fuzzy Techniques

Min-Su Han* · Hae-Jung Lee** · Kwang-Beak Kim***

*Dept . of Computer Education, Silla University

**Dept . of Physical Therapy, Silla University

***Dept . of Computer Engineering, Silla University

E-mail : likedeny@nate.com, hjlee@silla.ac.kr, gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 경추 초음파 DICOM 영상에서 개선된 퍼지 시그마 기법을 이용하여 경부심골곡근을 추출하고 두께를 측정하는 방법을 제안한다.

제안된 방법은 ROI 영역에서 Ends-In Search Stretching을 적용하여 명암 대비를 강조한다. Stretching된 ROI 영역에서 평균 이진화를 적용한 후, Blob 알고리즘을 적용하여 흉쇄유돌근과 경부심골곡근의 후보 영역을 추출한다. 추출된 경부심골곡근 후보 영역에서 경추의 위치 정보를 이용하여, 경추의 경계 영역을 검출한 후, Cubic Spline 보간법 알고리즘을 적용하여 스플라인 곡선을 추출한다. 스플라인 곡선 영상에서 상/하 탐색 알고리즘을 적용하여, 최대/최소 범위 영역을 설정한다. Stretching된 ROI 영역에서 최대/최소 범위에 해당하는 영역에 대해 개선된 퍼지 시그마 이진화를 적용한다. 적용된 영역을 Blob 알고리즘을 이용하여 잡음을 제거하고 Morphology 알고리즘을 이용하여 초음파 영상의 첫 번째 경추 기준점의 좌표 정보를 추출한다. 경추 기준점을 기준으로 두께 측정에 필요한 경부심골곡근 후보 영역을 추출하고 개선된 퍼지 시그마 이진화 알고리즘을 적용한다. 개선된 퍼지 시그마 이진화 알고리즘이 적용된 영상에서 근막의 위치 정보를 이용하여 경부심골곡근 상단 경계선을 추출한다. 추출된 각 경추 객체에 DDA(Digital Differential Analyzer) 알고리즘과 Cubic Spline 보간법 알고리즘을 적용하여 경부심골곡근의 하단 경계선을 추출한다. 추출된 경부심골곡근의 상/하단 경계선의 위치 정보를 이용하여, 측정에 필요한 경부심골곡근을 추출한다.

제안된 방법을 경추 초음파 영상에 적용하여 경부심골곡근을 추출한 결과, 기존의 경부심골곡근 추출 방법보다 효율적으로 경부심골곡근을 추출하는 것을 확인할 수 있었다.

키워드

개선된 퍼지 이진화, DDA 알고리즘, Morphology, Cubic Spline

1. 서 론

초음파 검사는 높은 대역대의 음파를 이용해서

인체의 혈관 및 장기의 형태를 확인하고 검사하는 방법으로서, 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 진단 시에 편안한 자세에서 환자가 진단 받을 수 있으며, 인체에 해가 없고 실시간으로 진단 상태를 관찰할 수 있다는 장점이 있기 때문에 시간이 지날수록 초음파 영상을 이용한 진단 및 치료는 비중이 더 커지고 있다[1, 2].

기존의 경부심골곡근 추출 방법[3]은 경추 초음파 영상에 나타났는 전체 근육을 대상으로 추출하였기 때문에 초음파 산란의 영향 및 근육 사이의 지방으로 인하여 경부심골곡근 추출 및 측정 기준점의 오류가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 경추 초음파 영상에서 개선된 퍼지 시그마 이진화와 DDA(Digital Differential analyzer) 알고리즘을 적용하여 측정 기준점을 추출하고 경부심골곡근 영상을 복원하는 방법을 제안한다.

II. 제안된 경추 초음파 영상에서의 경부심골곡근 추출 방법

그림 1과 같이 초음파 영상은 중앙에 위치한 혈관을 기준으로 상단은 흉쇄유돌근 영역이고, 하단은 경부심골곡근 영역이다. 경부심골곡근은 경추와 가장 가까이 붙어있어 경추를 지탱하고 유지시켜주는 근육으로서, 하단에 존재하는 근막과 경추 사이에 위치하며, 경추의 경계 곡선으로 인해 하단부가 불규칙한 굴곡 형태로 나타난다[4]. 또한 초음파 산란의 영향으로 인해 중심으로부터 좌우로 거리가 멀어질수록 명암도가 선명하게 나타나지 못하는 특징이 있으며, 근육의 명암도는 근막 및 경추와 비교했을 때 전체적으로 낮게 나타난다.

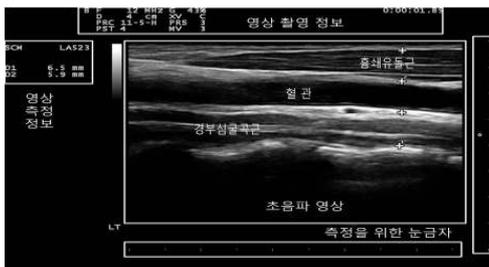
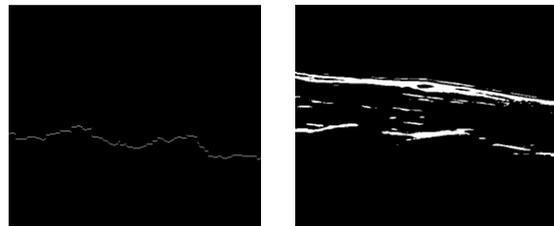


그림 1. 경추 초음파 DICOM 영상

DICOM 경추 초음파 영상은 근육, 근막 등이 담긴 영상 영역 외에 영상의 정보와 측정 결과가 나타나는 부분이 존재하기 때문에 원하지 않는 잡음이 결과 영상에 반영될 수 있다. 따라서 DICOM 영상을 데이터화한 후, 관심영역인 ROI를 설정한다. 추출된 ROI 영역에서 명암 대비를 강조하여 근막과 근육의 경계를 뚜렷하게 하기 위해 Ends_In Search Stretching 기법을 적용한다. Stretching된 ROI 영역에서 경부심골곡근의

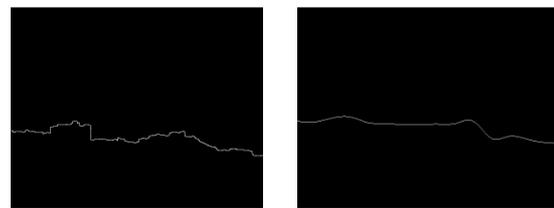
후보 영역을 추출하기 위해 평균 이진화를 적용한다. 평균 이진화가 적용된 영상에 Blob 알고리즘을 적용하여 객체들을 추출한 후, 객체 면적이 600 보다 작고, 객체의 왼쪽 좌표가 50보다 작으며 객체의 길이가 이진화된 영상 길이의 절반 이하이면, 객체를 제거한다[3]. 잡음이 제거된 영상에서 혈관의 위치 정보를 이용하여 경부심골곡근 후보 영역을 추출한다.

경추가 위치한 영역의 범위를 설정하기 위해 평균 이진화된 영상에서 그림 2(a)와 같이 경부심골곡근 후보 영역의 하단 경계선을 추출한다. 그리고 경부심골곡근 후보 영역에 임계치를 200으로 설정하여 임계치 이진화를 적용한다. 임계치 이진화가 적용된 경부심골곡근 후보 영역에 Blob 알고리즘을 적용하여 경부심골곡근 후보 영역의 미세 잡음을 제거한다. 임계치 이진화와 Blob 알고리즘을 적용하여 미세 잡음이 제거된 결과는 그림 2(b)와 같다.



(a) 경부심골곡근 후보 영역의 하단 경계선
(b) 임계치 이진화와 Blob 알고리즘을 이용한 잡음 제거
그림 2. 경추가 위치한 범위 설정 단계

잡음이 제거된 영역의 경추 위치 정보와 경부심골곡근 후보 영역의 하단 경계선을 이용하여 경추 후보 경계선을 추출한다. 그러나 그림 3(a)와 같이 일부 경추 초음파 영상에서는 경추 후보 경계선 사이가 정상적으로 연결되지 않는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 Cubic Spline 보간법[5]을 적용한다. 경추 후보 경계선 영상에서 Cubic Spline 보간법 기법을 적용하여 곡선화한 결과는 그림 3(b)와 같다.



(a) 경추 후보 경계선
(b) Cubic Spline 적용
그림 3. Cubic Spline 적용 결과

곡선화된 영상에서 상/하 탐색 알고리즘을 적용하여 경추 위치에 대한 최대/최소 좌표값을 설정한다. 경부심골곡근 후보 영역에 최대/최소 좌표

에 해당하는 영역에 개선된 퍼지 시그마 이진화 방법을 적용한다. 경부심굴곡근 후보 영역에서 개선된 퍼지 시그마 이진화 방법[6]을 적용한 결과는 그림 4와 같다.



그림 4. 개선된 퍼지 시그마 이진화 적용 결과

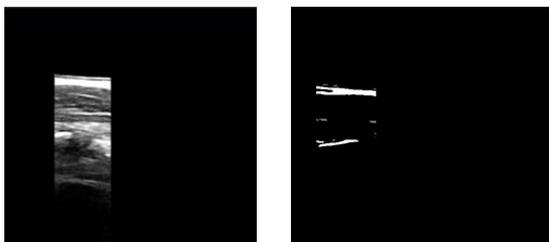
개선된 퍼지 시그마 이진화 방법이 적용된 ROI 영역에 Blob알고리즘을 적용하여 객체들을 추출한 후, 잡음을 제거한다. 잡음이 제거된 ROI 영역에서 Blob 알고리즘을 적용하여 객체 기준점을 탐색할 경우에는 초음파 영상의 흐림으로 인해 경추가 미세하게 끊어진 형태로 추출되기 때문에 기준점을 찾지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Morphology 기법을 적용하여 끊어진 형태의 틈새를 연결한다.

경부심굴곡근의 두께를 측정할 기준점은 초음파 영상 너비의 중간보다 뒤에 위치하지 않는다. 따라서 초음파 영상의 기준점이 영상 너비의 중간보다 뒤에 위치할 경우에는 초음파 산란의 영향으로 기준점이 제대로 설정되지 않는다. 따라서 초음파 영상의 특성을 고려하여 영상의 각 픽셀 값 $Pixel(x_1, y_1)$ 이 중심 $Center(x, y)$ 으로부터 멀어질수록 가중치 α 를 부여하여 식(1)과 같이 적용한다.

$$\alpha = 1.0 + \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} / 1000 \quad (1)$$

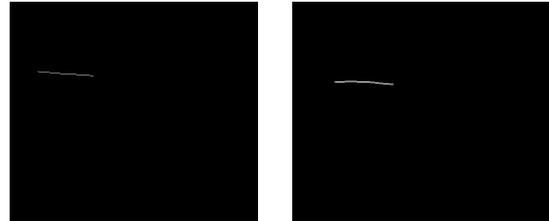
$$Pixel(x_1, y_1) = Pixel(x_1, y_1) * \alpha$$

경부심굴곡근 후보 영역에서 추출한 기준점을 기준으로 하여 좌/우측 방향 1cm 간격으로 측정에 필요한 영역을 그림 5(a)와 같이 추출한다. 추출된 영역에 대해서 개선된 퍼지 시그마 이진화 방법을 그림 5(b)와 같이 적용한다.



(a) 두께 측정 영역 (b) 퍼지 이진화 결과
그림 5. 경부심굴곡근 상단 경계선 추출 결과

개선된 퍼지 시그마 이진화가 적용된 영역에서 Blob알고리즘을 적용하여 미세한 잡음을 제거하고 경부심굴곡근의 근막을 추출한다. 경부심굴곡근의 근막을 추출한 영역에서 상/하 탐색 알고리즘을 적용하여 그림 6(a)과 같이 경부심굴곡근 상단 경계선을 추출한 후, 그림 6(b)와 같이 Cubic Spline 보간법을 적용한다.



(a) 경부심굴곡근 상단 경계선 추출 결과 (b) Cubic Spline 적용 결과
그림 6. 경부심굴곡근 상단 경계선 추출 결과

경추를 추출한 영역에서 경추 객체의 좌/우측 좌표 정보를 이용하여 DDA알고리즘을 적용한다. DDA알고리즘은 점과 점을 연결한 직선의 기울기를 이용한 알고리즘으로 시작점에서 다음 점을 알아낼 때 직선의 기울기 m 을 이용하여 식(2)와 같이 다음 점을 탐색하는 기법이다.

$$C(x, y) = m(x - x_1) + y_1 \quad (2)$$

(단, $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$)

식(2)에서 $C(x, y)$ 는 추출된 객체의 좌/우측 경추 좌표 $A(x_1, y_1)$ 와 $B(x_1, y_1)$ 사이의 좌표이다.

DDA 알고리즘이 적용된 결과에서 상/하 탐색 알고리즘을 적용한 후, Cubic Spline 보간법 알고리즘을 적용하여 경부심굴곡근 하단 경계선을 곡선화 한다. 경부심굴곡근 상/하 경계선에서 상/하 탐색 알고리즘을 적용하여 그림 7과 같이 경부심굴곡근을 추출한다.

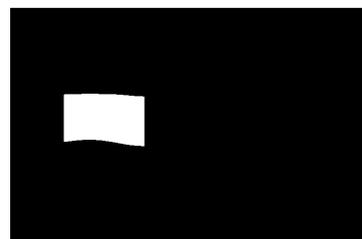
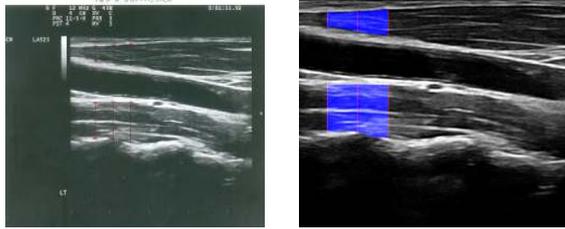


그림 7. 경부심굴곡근 추출 영상

경부심굴곡근 후보 영역에서 추출한 기준점의 정보를 이용하여 좌/우 방향으로 1cm 간격으로 선을 긋고 기준선에 포함된 흉쇄유돌근과 경부심굴곡근의 길이를 각각 측정 후, 측정된 값들의

평균값을 근육의 두께로 측정한다.

그림 8은 물리치료사가 수동으로 측정 결과와 제안된 방법으로 추출된 경부심골곡근의 두께 측정 결과를 비교한 결과이다.



(a) 수동 측정 결과 (b) 제안된 방법 측정 결과

그림 8. 수동 측정과 제안된 방법 측정 결과 비교

III. 결과 분석 및 비교

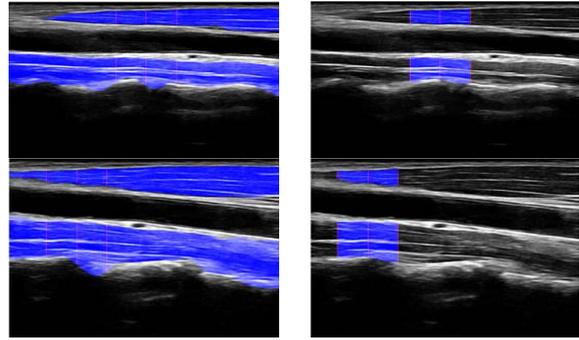
초음파 영상에서 경부심골곡근을 추출하기 위해 본 논문에서 제안한 방법을 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7300 와 2.00GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC 상에서 Visual Studio 2008 로 구현하였으며, Linear 초음파 동영상에서 추출한 800×600 크기의 DICOM 형식으로 저장된 영상 30장을 대상으로 실험하였다. 표 1은 기존의 경부심골곡근 추출 방법과 제안된 방법을 적용한 결과를 나타내었다.

표 1. 경부심골곡근 추출 결과

(추출 성공/ 실험 영상 수)	기존의 방법	제안된 방법
경부심골곡근 추출	25 / 30 (83%)	29 / 30 (96%)

제안된 방법으로 경부심골곡근을 추출한 결과, 표 1과 같이 30장의 실험 영상 중 29장이 추출되었고, 기존의 방법보다 효율적인 경부심골곡근의 추출이 가능하였다.

그림 9는 기존 방법[3]으로 경부심골곡근을 추출한 결과와 본 논문에서 제안한 방법으로 경부심골곡근을 추출한 결과를 나타내었다. 기존의 방법에서는 그림 9(a)와 같이 전체 경추 초음파 영상을 기준으로 전처리를 하였기 때문에 측정 근육 면적 및 두께가 정확히 측정되지 않았다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 측정 범위 영역을 설정하여 개선된 퍼지 시그마 이진화를 적용하였다. 제안된 방법으로 경부심골곡근을 추출하고 두께를 측정한 결과는 그림 9(b)와 같다.



(a) 기존 방법 측정 결과 (b) 제안된 방법 측정결과
그림 9. 기존 방법과 제안된 방법 측정 결과 비교

IV. 결 론

본 논문에서는 경추 초음파 DICOM 영상에서 개선된 퍼지 시그마 기법을 이용하여 경부심골곡근을 추출하고 두께를 측정하는 방법을 제안하였다. 제안된 개선된 퍼지 시그마 이진화와 DDA 알고리즘을 적용한 결과, 30장의 경추 초음파 영상 중에서 29장의 영상에서 경부심골곡근이 추출되었다. 경부심골곡근 추출에 실패한 경우는 초음파 산란의 영향으로 같은 경추에 명암도 차이가 생겨 기준점이 제대로 추출되지 않은 경우이다.

향후 연구 방향은 개선된 퍼지 시그마 이진화를 적용하여 경추를 추출할 경우에 일부 경추 영역이 손실되는 부분을 개선할 것이다.

참고문헌

- [1] Van Holsbeda MI & Introcas JH, Musculoskeletal Ultrasound, Philadelphia, PA : Mosby Press, 2001.
- [2] Kremkau F. W, "Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments," Philadelphia, PA: Saunders, 2002.
- [3] 김광백, 장현우, 이해정, "경추 초음파 영상에서의 흉쇄유돌근과 경부심골곡근 추출," 한국멀티미디어학회 춘계학술대회논문집, 14권, 1호, pp.73, 2011.
- [4] Fabianna MR Jesus, Paulo H Ferreira, Manuela L. Ferreira, "Ultrasonographic Measurement of Neck Muscle Recruitment: A Preliminary Investigation," The Journal of Manual & Manipulative Therapy, Vol.16, No 2, pp.89-92, 2009.
- [5] 정은숙, 허창우, 류광렬, "그레이영상에서의 모폴로지와 스플라인기법을 적용한 영상모핑에 관한 연구," 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 논문집, pp.161-164, 2003.
- [6] 김광백, 김정민, 정병희, 이아진, "명암도 정보와 개선된 퍼지 이진화를 이용한 차량 번호판의 코드 추출," 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 논문집, pp.234-238, 2004.