
경추 초음파 영상에서 흉쇄유돌근 추출

김광백*

Extraction of Sternocleidomastoid Muscle for Ultrasound Images of Cervical Vertebrae

Kwang-baek Kim*

요 약

경추는 머리와 몸통을 이어주는 중요한 요충지이기 때문에 매우 중요한 기관이며 매우 복잡한 구조로 되어있다. 본 논문에서는 경추 초음파 영상에서 경추 부분에 존재하는 흉쇄유돌근을 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 경추 초음파 영상에서 촬영 정보나 눈금자 등의 필요 없는 부분을 제외한 ROI(Region of Interest)영상을 추출하고 Ends-In Search Stretching 알고리즘을 적용하여 명암 대비를 강조한다. Stretching된 영상에 20 이상의 명암도를 가지는 픽셀을 대상으로 평균 이진화를 적용한 후, 잡음을 제거한다. 잡음이 제거된 영상에 흉쇄유돌근을 둘러싸고 있는 근막의 위치 정보를 이용하여 근막을 추출한 후, 근막의 객체 수에 따라서 각기 다른 방법을 적용하여 근육을 추출한다. 근막 객체가 하나인 경우에는 위에서 아래로 탐색하여 1차 근육 영역을 추출하고, 오른쪽에서 왼쪽으로 탐색하여 2차 근육 영역을 추출한 후, 1차와 2차 근육 영상을 하나로 합쳐 최종 근육 영역을 추출한다. 근막 객체가 두 개인 경우에는 근막 객체의 상단과 하단까지의 영역을 모두 추출한 후, 근막 객체 영역을 제거하는 방법으로 근육 영역을 추출한다. 추출된 근육 영역 중에서 두께가 가장 두꺼운 부분을 근육의 두께로 측정한다. 본 논문에서 제안된 방법을 경추 초음파 영상 30장을 대상으로 실험하여 물리치료가 분석한 결과, 제안된 방법이 흉쇄유돌근을 정확히 추출되는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

Cervical vertebrae are a complex structure and an important part of human body connecting the head and the trunk. In this paper, we propose a method to extract sternocleidomastoid muscle from ultrasonography images of cervical vertebrae automatically. In our method, Region of Interests(ROI) is extracted first from an ultrasonography image after removing unnecessary auxiliary information such as metrics. Then we apply Ends-in search stretching algorithm in order to enhance the contrast of brightness. Average binarization is then applied to those pixels which its brightness is sufficiently large. The noise part is removed by image processing algorithms. After extracting fascia encloses sternocleidomastoid muscle, target muscle object is extracted using the location information of fascia according to the number of objects in the fascia. When only one object is to be extracted, we search downward first to extract the target muscle area and then search from right to left to extract the area and merge them. If there are two target objects, we extract first from the upper-bound of higher object to the lower-bound of lower object and then remove the fascia of the target object area. Smearing technique is used to restore possible loss of the fat area in the process. The thickness of sternocleidomastoid muscle is then calculated as the maximum thickness of those extracted objects. In this experiment with 30 real world ultrasonography images, the proposed method verified its efficacy and accuracy by health professionals.

키워드

경추, 초음파 영상, Ends-In Search Stretching, 흉쇄유돌근, 근막

Key word

Cervical Vertebrae, Ultrasonography Images, Ends-In Search Stretching, Sternocleidomastoid Muscle, Fascia

* 종신회원 : 신라대학교 컴퓨터공학과(gbkim@silla.ac.kr)

접수일자 : 2011. 10. 28

심사완료일자 : 2011. 10. 28

I. 서 론

경추는 머리와 몸통을 이어주는 중요한 교통지로 머리로 올라가는 혈관과 팔로 내려가는 신경 등 매우 복잡한 구조물들이 지나다니는 통로이다. 경추 근육들은 경추의 움직임 일으키고 조절하는 기능을 가지며, 경추 근육들은 위치와 크기가 매우 복잡하다. 따라서 교통사고와 같이 경부에 손상이 있을 경우에는 치료가 매우 힘들다.

초음파 검사는 사람이 들을 수 없는 높은 대역의 음파를 이용하여 인체의 혈관 및 장기 형태를 확인하여 검사하는 방법으로 측정하는 전문의의 장비 조작 기술과 전문성에 따라 얻어지는 영상의 질과 결과가 달라지며, 영상을 육안으로 판단하기 때문에 측정자의 주관성이 개입될 수 있어 오차가 발생할 수 있다[1, 2]. 하지만 촬영이 간편하고, 검사 시 환자가 편안하며, 인체에 해가 없다는 장점이 있으며 실제 움직이는 구조물을 볼 수 있기 때문에 진단에 많이 사용되고 있다. 그리고 최근에는 초음파 영상을 DICOM으로 PACS에 저장하여 영상을 보관하고 관리할 수 있게 됨으로써 효율적인 진단이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 DICOM으로 저장된 경추의 초음파 영상을 컴퓨터를 통하여 획득한 후, 경추 근육 중에서 표층 근육인 흉쇄유돌근(Sternocleidomastoid Muscle : SCM)을 추출하고 분석하는 방법을 제안한다.

II. 초음파 영상에서 흉쇄유돌근 추출

DICOM에서 획득한 경추 초음파 영상은 그림 1과 같이 4부분으로 구성된다. 영상의 상단에는 촬영 정보가 위치하고 있으며 왼편에는 근육의 두께 측정 정보가 위치한다. 그리고 촬영된 초음파 영상은 가운데에 위치하며 우측과 하단에 길이 측정을 위한 눈금자가 위치한다. 상단의 촬영정보에는 촬영에 사용된 초음파의 주파수, 영상의 촬영이 시작된 후 흐른 시간, 눈금자 한 칸의 길이 등이 나타나며, 좌측의 측정 정보에는 사용자가 측정 한 근육의 두께가 Cm 단위로 표시된다[3].



그림 1. 경추 초음파 영상
Fig. 1 Ultrasound Image of Cervical Vertebrae

DICOM 초음파 영상에서 영상 정보를 제외한 중앙에 위치한 영상에는 혈관을 기준으로 상단과 하단에 각각 근육이 하나씩 나타나며 상단 근육이 흉쇄유돌근이다. 혈관 상단에 존재하는 흉쇄유돌근은 피부와 맞닿아 있으며 오른쪽에서 왼쪽으로 갈수록 점점 좁아지는 형태이다. 근육을 둘러싸고 있는 근막은 촬영 위치나 근육의 수축, 이완 정도에 따라 하나로 나타나거나 두 개로 나뉘어져 나타난다. 혈관의 하단에 위치한 근육은 아래쪽에 목뼈가 위치하여 근육의 아래쪽 경계가 불규칙한 형태로 나타나며 초음파 산란의 영향으로 좌우로 갈수록 선명하지 못하는 특징이 있다. 그리고 각 근육은 근막과 뼈에 비하여 낮은 명암도로 나타난다. 경추 초음파 ROI 영상의 내부 구성은 그림 2와 같다.

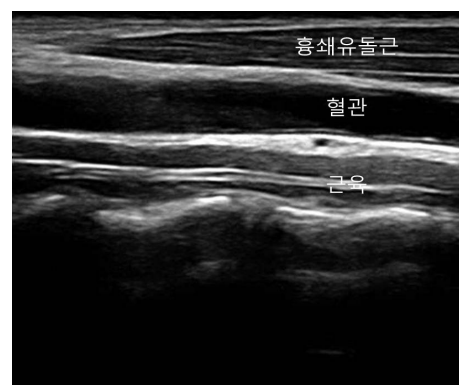


그림 2. 초음파 영상의 ROI
Fig. 2 ROI of Ultrasound Image

DICOM 경추 초음파 영상은 근육과 근막 등이 존재하는 영역 이외에 영상의 정보와 영상 측정 결과가 나타나는 부분이 있기 때문에 이 영상을 대상으로 흉쇄유돌근을 추출할 경우에는 정확히 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 DICOM 영상을 획득한 후, 관심 영역인 ROI를 설정하고, 근육을 추출한다. ROI 영상에서 명암 대비를 증가시켜 근막과 근육의 경계를 명확히 하기 위하여 Ends-In Search Stretching[4]을 적용한다. 그림 3은 Ends-In Search Stretching 기법을 적용한 결과이다.

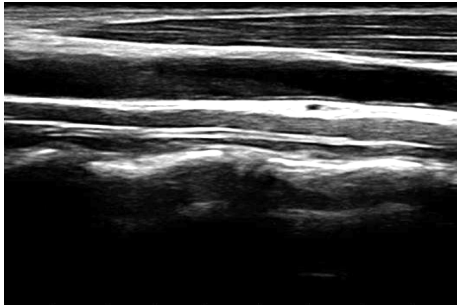


그림 3. Ends-In Search Stretching 적용
Fig. 3 After applying Ends-In Search Stretching

Ends-in Search Stretching을 적용하여 보정된 영상에서 근육과 근막을 제외한 잡음을 최소화하기 위하여 명암도가 20 이상인 픽셀만을 대상으로 식 (1)을 이용하여 임계치를 구하고 이진화한다.

$$T = \frac{\sum p(i,j)}{PC} \quad (1)$$

if $p(i,j) > 20$

이진화된 ROI 영상은 근막 이외에 근육사이의 지방들과 미세한 잡음들이 존재하며, 근막 사이에 빈공간이 많이 존재한다. 이러한 잡음을 제거하기 위해 흑화소와 백화소를 대상으로 각각 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘 [5]을 적용하여 객체의 윤곽선을 추출한 후, 윤곽선 내부를 채우는 방법을 이용하여 객체를 추출한다. 추출된 객체를 너비가 영상 너비의 절반보다 작은 객체 중에서 면적의 픽셀수가 600 미만의 객체나 객체의 x좌표가 50 미만이 되는 객체를 잡음으로 판단하여 제거한다. 그림 4는 잡음이 제거된 결과 영상이다.



그림 4. 잡음이 제거된 영상
Fig. 4 Image after Noise Removal

그림 4와 같이 잡음이 제거된 영상은 상단의 흉쇄유돌근을 둘러싸고 있는 근막과 혈관의 하단부에 존재하는 근육의 근막이 모두 나타난다. 흉쇄유돌근의 근막과 혈관 아래쪽에 존재하는 근막은 근막 사이에 위치한 두꺼운 혈관이 있기 때문에 거리 차이가 크다. 따라서 각 근막 사이의 거리 차이를 이용하여 그림 4와 같은 영상에서 상단의 흉쇄유돌근의 근막을 추출한다. 이진화 과정에 의해 근막이 끊어지는 경우가 있기 때문에 위에서 아래로 탐색하며 가장 위에 있는 객체를 기준으로 설정한다. 기준 객체와 기준 객체 다음에 존재하는 객체의 상단 높이와 하단 높이를 비교하여 거리 차이가 40보다 작으면 하나의 근막으로 설정하며 다음 객체로 기준 위치를 이동한다. 기준 객체와 다음 객체와의 거리 차이가 40보다 크면 하단 근육 근막으로 판단하여 다음 객체부터 마지막 객체까지 전부 제거한다. 하단 근막이 제거된 흉쇄유돌근의 근막이 추출된 결과는 그림 5와 같다.

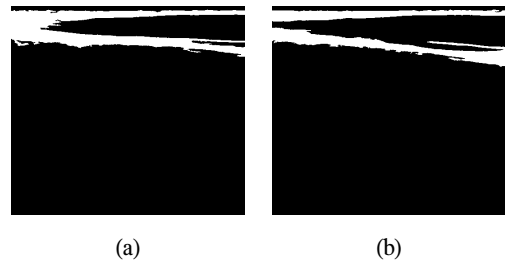


그림 5. 추출된 흉쇄유돌근의 근막
(a) 근막 객체가 1개 (b) 근막 객체가 2개
Fig. 5 Fascia of Extracted Sternocleidomastoid
(a) One Fascia Object (b) Two Fascia Objects

하단 근막이 제거된 흉쇄유돌근의 근막 영상에서 근막은 그림 5(a)와 같이 하나가 추출되거나 그림 5(b)와 같이 두 개로 추출되는 경우로 구분된다. 그림 5(a)와 같이 근막이 하나인 경우에는 근막 객체의 상단부터 하단까지 흑화소 영역을 먼저 추출한다. 그리고 오른쪽에서 왼쪽으로 다시 흑화소 영역을 추출한 후, 추출된 두 영역에서 겹치는 흑화소 영역을 합하고 미세한 잡음을 제거하여 근육을 추출한다. 근막이 하나인 경우에 추출된 흉쇄유돌근은 그림 6과 같다.

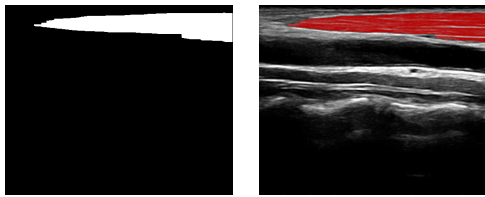


그림 6. 근막이 하나인 경우 추출된 흉쇄유돌근
Fig. 6 Extracting Sternocleidomastoid from One Object Case

그림 5(b)와 같이 근막이 두 개로 나누어진 경우에는 위쪽 객체의 상단에서 아래쪽 객체의 하단까지의 영역을 추출한 후, 추출한 영역에서 그림 5(b)와 같은 근막 객체 영역을 제거한다. 그러나 근막 객체 영역을 제거하면 근막 객체 영역의 제거로 인해 근막 객체에 포함되어 있는 지방 영역까지 제거되어 정확히 흉쇄유돌근을 추출할 수 없다. 제거된 영역을 복원하기 위하여 위에서 아래로, 그리고 좌에서 우로 각각 한번씩 추출된 근육 영역에 스미어링[6]기법을 적용한다. 그림 7은 근막이 두 개인 경우에 추출된 흉쇄유돌근이다.

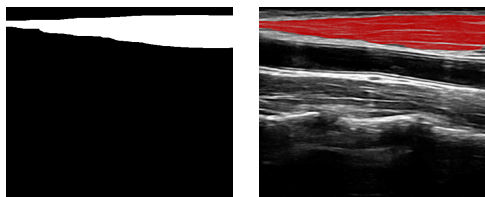


그림 7. 근막이 2개인 경우 추출된 흉쇄유돌근
Fig. 7 Extracting Sternocleidomastoid from Two Objects Case

추출된 근육의 두께를 측정하기 위해 추출된 근육 영역의 가장 두꺼운 부분을 근육의 두께로 설정하여 측정

한다. 추출된 근육의 두께는 식(2)를 이용하여 근육의 두께를 측정한다. 전처리 과정에서 제외시킨 눈금자의 한 칸이 나타내는 Cm를 픽셀로 나누어 픽셀 당 Cm를 계산하여 두께를 측정한다.

$$PixelSize = \frac{I}{BarCount} \quad (2)$$

$$Thickness = PixelCount \times PixelSize$$

식(2)에서 PixelSize는 픽셀 당 Cm이고 BarCount는 눈금자 한 칸의 픽셀수이다. I는 눈금자 한 칸이 나타내는 Cm이고 PixelCount는 시스템에서 측정한 근육 두께의 픽셀의 수이며, Thickness는 두께를 Cm로 변환한 값이다. 근육의 면적은 식(2)에서 구한 PixelSize를 식(3)에 적용하여 구한다.

$$MuscleArea = Total \times PixelSize^2 \quad (3)$$

식(3)에서 Total은 근육의 픽셀 수이며, MuscleArea는 근육의 면적이다. 한 픽셀 당 면적을 구한 후, 총 픽셀수를 곱하여 근육의 면적을 계산한다.

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 영상의 상단부에 위치한 흉쇄유돌근 영역을 추출하기 위해 제안된 방법을 Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU와 2.00GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio 2005로 구현하였으며, 실험을 위해 800×600 크기의 DICOM 형식으로 저장된 Linear 초음파 동영상에서 추출한 영상 30장을 대상으로 실험하였다.

경추 DICOM 초음파 영상은 촬영 정보나 눈금자 등과 같이 근육을 추출하는데 불필요한 영역이 존재한다. 따라서 근육을 추출하기 전에 불필요한 영역을 제외한 ROI 영상을 추출한다. 따라서 본 논문에서는 세로 눈금자의 상단과 하단, 가로 눈금자의 좌단과 우단을 기준으로 ROI 영상을 추출하였다. 그림 8은 제안된 방법으로 경추 DICOM 초음파 영상에서 흉쇄유돌근을 추출한 결과이다. 그림 8의 (a)와 (b)에서 알 수 있듯이 근막이 하나로 나타나는 경우와 근막이 두 개로 나타나는 경우에 대해서 제안된 방법이 흉쇄유돌근을 모두 추출하는 것을

확인할 수 있다.

IV. 결론

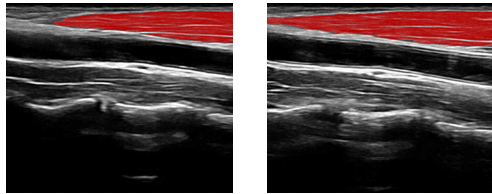
본 논문에서는 경추 DICOM 초음파 영상에서 초음파 영상을 자동으로 분석하기 위해 흉쇄유돌근을 추출하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 DICOM 초음파 영상에서 흉쇄유돌근 추출에 직접 필요 없는 부분을 제거한 후, ROI 영상을 추출하고, ROI 영상에 **Ends-in Search Stretching**을 적용하여 명암 대비를 증가시켜 근막과 근육 영역을 명확하게 한 후, 20이상의 명암도에 해당하는 픽셀을 대상으로 임계치를 구하여 ROI 영상을 이진화하였다. 이진화된 ROI 영상에 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 객체를 추출하고 잡음을 제거한 후, 잡음이 제거된 ROI 영상에서 흉쇄유돌근의 근막 위치 정보를 이용하여 근막을 추출하였다. 추출된 근막의 수에 따라서 두 가지 방법을 적용하여 흉쇄유돌근을 추출하였다. 근막이 하나인 경우에는 위에서 아래로 흑화소 영역을 탐색하고, 위에서 좌로 흑화소 영역을 탐색하여 두 영역을 하나로 합쳐 최종 흉쇄유돌근을 추출하였으며, 근막이 두 개인 경우에는 근막 객체의 상단과 하단까지 영역을 추출한 후, 근막 영역을 제거하고 지방 부분을 복원하기 위해 스미어링 기법을 적용하여 흉쇄유돌근을 추출하였다. 제안된 흉쇄유돌근 추출 방법의 성능을 평가하기 위해 경추 DICOM 초음파 영상 30장을 적용하여 실험한 결과, 흉쇄유돌근을 추출하는데 효과적인 것을 확인하였다.

향후 연구 과제는 이진화하는 과정에서 손실되는 일부 근육 영역을 복원하여 정확한 흉쇄유돌근을 추출할 수 있도록 개선할 것이고 제안된 흉쇄유돌근 측정 결과를 물리치료사의 측정 결과와 비교 분석할 것이다.

참고문헌

- [1] F. W Kremkau, *Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments*, Philadelphia, PA : Saunders, 2002.
- [2] M. T. Van Holsbeda, J. H. Introcas, *Musculoskeletal Ultrasound*, Philadelphia, PA : Mosby Press, 2001.
- [3] M. R. Fabianna Jesus, P. H. Ferreira, M. L. Ferreira, "Ultrasonographic Measurement of Neck Muscle Recruitment: A Preliminary Investigation," *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, Vol. 16, No.2,



(a) (b)

그림 8. 흉쇄유돌근을 추출한 결과
 (a) 근막 객체가 1개인 경우 (b) 근막 객체가 2개인 경우
 Fig. 8 Results of Sternocleidomastoid Extraction
 (a) One Fascia Object (b) Two Fascia Objects

기존에는 진단자가 직접 근육의 두께를 측정하였지만 본 논문에서는 제안된 방법을 적용하여 근육 영역을 측정하였다. 추출된 흉쇄유돌근에서 자동으로 흉쇄유돌근의 면적과 두께가 측정된 결과는 그림 9와 같다.



(a)



(b)

그림 9. 근육 두께 측정과 분석 (a) 근막 객체가 하나인 경우 (b) 근막 객체가 두 개인 경우
 Fig. 9 Measuring Thickness and Analysis
 (a) One Fascia Object Case (b) Two Fascia Objects Case

- pp.89-92, 2009.
- [4] 김광백, “근막 정보를 이용한 초음파 영상에서의 근육 영역 추출,” *멀티미디어학회논문지*, 11권, 9호, pp.1206-1301, 2008.
- [5] K. B. Kim, S. Kim, “Recognition of English Calling Card by Using Multiresolution Images and Enhanced ART1-based RBF Neural Networks,” *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3972, Springer, pp.299-305, 2006.
- [6] K. B. Kim, K. B. Sim, S. H. Ahn, “Recognition of Concrete Surface Cracks using The ART1-based RBF Network.,” *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3972, Springer, pp.669-675, 2006.

저자소개



김광백(Kwang-Baek Kim)

1999년 : 부산대학교 전자계산학과
(이학박사)

1997년~현재 신라대학교
컴퓨터공학과 교수

2005년~현재 한국해양정보통신학회 학술상임이사

2007년~현재 *Scientific Journals International(USA)*

Editor

※ 관심분야: 퍼지 논리, 영상 처리, 유전자 알고리즘,
의료정보시스템, 생물정보학