

논문 2011-48CI-2-2

## 근육의 크기와 형태의 초음파적 분석

( Ultrasonographic Analysis of the Size and Shape of the Muscles )

김 광 백\*

( Kwang-Baek Kim )

## 요 약

본 논문에서는 기존의 근육 추출 방법에서 영상의 왜곡으로 인해 제외되었던 외복사근 영역의 근육을 추출하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 초음파 영상에서 측정할 근육 영역을 설정한 후, 초기 초음파 영상에서 불필요한 잡음을 제거하고 Ends-in Search Stretching 기법을 적용하여 근막과 근육 영역의 명암 대비를 강조한다. 전처리 과정을 통해 얻어진 영상에서 수직 방향으로 평균 이진화 기법을 적용한 후에 근막의 후보 영역을 추출한다. 추출된 근막의 후보 영역에서 형태학적인 특징을 이용하여 근막 영역 이외의 영역을 제거하고, 손실된 근막에 대해서는 형태학적 정보와 위치 정보를 이용하여 근막을 복원한다. 복원된 근막 영역에서 Convex 촬영시 나타나는 호의 정보를 이용하여 피부 영역을 제거한 후, Up-Down Search 방법을 적용하여 위·아래 방향으로 각각 탐색된 결과를 겹쳐서 근육의 후보 영역을 추출한다. 추출된 근육의 후보 영역에서 형태학적인 특징을 이용하여 잡음을 제거하고, 최종적으로 근육 영역을 추출한다. 근육 영역의 형태가 정확하게 추출되는 않은 경우에는 스미어링 기법을 적용하여 근육 영역을 복원한 후, 최소 자승법을 이용하여 근육의 두께를 측정한다. 제안된 방법을 복부의 초음파 영상에 적용하여 근육 영역을 추출한 결과, 제안된 방법이 초음파 영상에서 근육 영역들의 두께를 측정하는데 기존의 근육 측정 방법보다 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

## Abstract

In this paper, we propose a method to extract the external oblique muscle of abdomen images that is often excluded by previous method due to image distortion. In the preprocessing phase of the proposed method, we emphasize the brightness contrast with Ends-in search stretching algorithm after removing noise from the initial ultrasonic images. Then we apply average binarization in vertical direction to extract candidate fascia areas. After removing other areas than fascia with morphological characteristics, the lost part in the fascia during the process is restored with such characteristic information and location information. Then the skin area is also removed with information from the arc appearing in convex filming and the candidate muscle areas are extracted by overlapping two results two way up-down search algorithm. Another noise removing process is done to determine the muscle area. In case of obtaining obscure result, after restoring the muscle area by smearing method, the thickness of the muscle is measured by min square method. The experiment verifies that the proposed method is sufficiently effective to analyze the size and shape of muscles in abdomen in ultrasonography than previously used methods.

**Keywords :** 초음파 영상, Ends-in Search Stretching 기법, 근막 영역, 피부 영역, 등뼈

## I. 서 론

초음파 검사는 사람이 들을 수 없는 높은 영역의 음파를 이용하여 인체의 혈관 및 장기 형태를 확인하여 검사하는 방법으로 촬영이 간편하고, 검사 시 환자가

편안하며, 인체에 해가 없기 때문에 영상 검사 중 가장 기초가 된다. 또한 우리 몸의 표면에 위치한 구조를 쉽고 정확하게 분석하고, 실제 움직이는 구조물을 볼 수 있어, 중환자나 수술 직후 환자의 중재적 시술에도 유리한 장점이 있다.

최근 재활 분야에서의 초음파 영상의 사용은 크게 재활 초음파 영상과 진단 초음파 영상으로 구분된다<sup>1~2)</sup>. 재활 초음파 영상은 근육의 길이, 두께, 직경, 단면적의

\* 정회원, 신라대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of Computer Engineering, Silla University)  
접수일자: 2011년2월14일, 수정완료일: 2011년3월7일

크기, 부피, 근섬유의 배열각 등을 포함한 근육의 구조적 특성 및 이들 특성의 변화 양상과 근수축시 일어나는 특성, 근섬유 조직의 움직임과 변형, 근섬유 조직의 조밀도 등의 자료를 얻기 위해 사용된다<sup>[3]</sup>. 반면에 진단 초음파 영상은 손상이나 질병과 연관하여 인대, 힘줄, 근섬유 조직 및 구조적 변형 특성에 대한 자료를 얻기 위해 보편적으로 사용되나, 정확한 정보를 얻기 위해서는 고도의 기술과 훈련을 필요로 한다<sup>[4]</sup>.

재활 분야에서 초음파 영상은 환자의 진단 및 치료에 대하여 다양하게 활용되어 유용한 정보를 얻을 수 있음에도 불구하고 아직 그 사용이 국내외적으로 활용범위가 제한적이다. 이러한 이유 중의 하나는 영상에서 얻어지는 결과들이 사용자의 숙달 정도에 따라 달라질 수 있으며, 또한 결과 값들에 대한 해석이 검사자의 전문성에 따라 주관적으로 평가되기 쉽다는 점도 크게 작용한다. 따라서 측정된 영상에서 얻고자 하는 자료가 객관적으로 도출된다면 초음파 영상의 사용이 쉬워질 것이며, 환자들에 대한 교육뿐만 아니라, 자료에 대한 환자들의 이해도를 높일 수 있을 것이다. 이는 환자를 평가 치료하는 임상뿐만 아니라 질병 및 통증과 연관된 의료 연구 분야에서 많은 활용도를 가질 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하고 초음파 의료 영상을 이용하는 재활 분야에 적용하여, 의료 영상 진단에 필요한 두께, 근육의 변화량 등의 자료를 객관적이고, 자동적으로 측정할 수 있도록 하기 위해 복부 초음파 영상에서 근육 영역을 추출하고 분석하는 방법을 제안한다.

## II. 제안된 복부 근육 분석 및 측정 방법

### 1. 초음파 영상 분석

본 논문에서 적용된 초음파 영상은 그림 1의 (a)와 같은 부채꼴 모양의 Convex 영상이며, 촬영 깊이 및 영

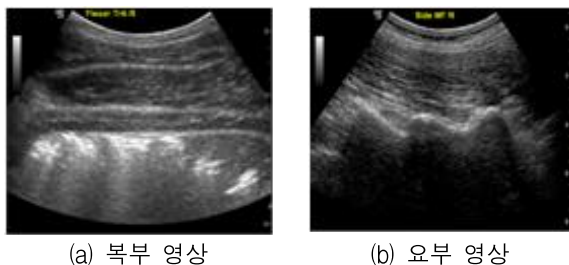


그림 1. 초음파 영상  
Fig. 1. Ultrasonographic images.

상의 정보 등이 표시되어 있다.

또한 초음파 영상은 회색조(Gray Scale)이라 불리며 레벨이 0~255 사이의 명암도로 구성된다. 고형성은 밝게, 액체는 어두운 레벨로 나타난다<sup>[3]</sup>.

### 2. 복부 근육 추출

전체 근육을 추출하여 근육의 두께를 측정하는 기존의 방법<sup>[5]</sup>은 내복사근을 추출하는 과정에서 발생하는 영상의 왜곡으로 인해 외복사근 영역을 정확히 추출할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 전문가가 영상의 왜곡이 존재하지 않는 영역을 정확히 측정하기 위하여 근육 영역을 선택하도록 한다.

선택된 영역에서 근육 영역을 추출하기 위해 촬영된 초음파 영상에서 촬영 깊이와 Gray 막대 등과 같이 영상에 대한 정보를 나타내는 부분 정보를 제거하는 전처리 과정을 수행한다. 전처리된 초음파 영상을 대상으로 명암도의 분포를 펼치고 근막과 근육 부분을 강조하기 위해서 Ends-in Search Stretching 기법<sup>[6]</sup>을 적용한다. 그림 2는 전처리 과정과 Ends-in Search Stretching 기법을 적용한 결과이다.

Ends-in Search Stretching을 적용하여 보정된 영상에서 근막을 추출하기 위해 수평 형태로 늘어선 근육 영역과 근막의 형태학적 특징을 이용하여 그림 3의 (a)와 같이 수직 방향으로 평균 이진화 방법을 적용한다.

이진화된 영상에서 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘<sup>[7]</sup>을

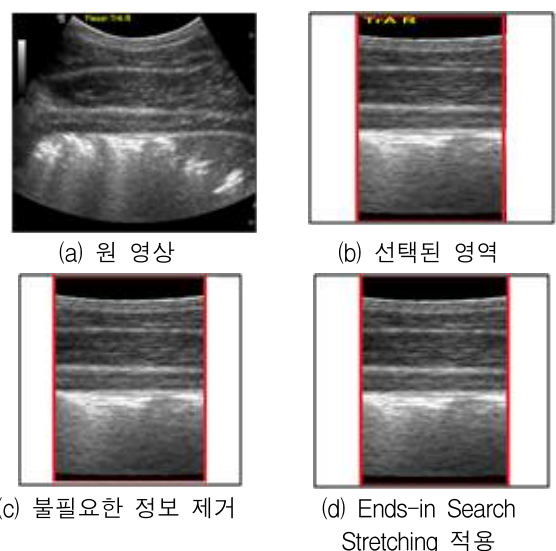


그림 2. 전처리 및 Ends-in Search Stretching 적용  
Fig. 2. Preprocessing & applying Ends-in Search Stretching.

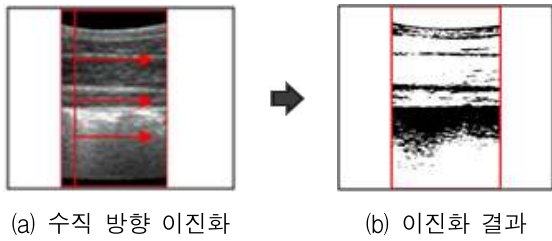


그림 3. 평균 이진화 방법 적용  
Fig. 3. Applying average binarization.

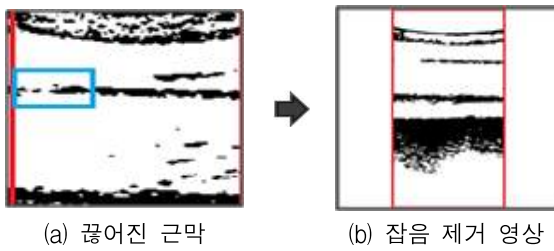


그림 4. 손실된 근막 영상  
Fig. 4. Fascia image with information loss.

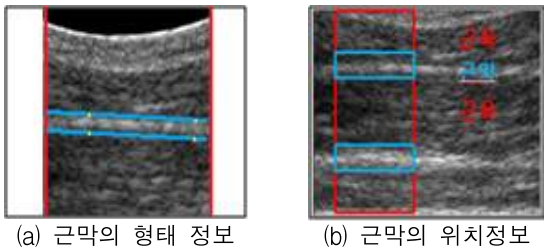


그림 5. 형태정보 및 위치정보  
Fig. 5. Information on shape and location.

적용하여 개별 객체를 추출한 후, 객체의 크기가 선택된 영역 면적의 30%보다 작을 경우에는 잡음으로 간주하여 제거한다. 그러나 이진화시 그림 4의 (a)와 같이 근막의 명암도 차이로 인해 근막이 끊어지는 경우가 발생하기 때문에 근막이 잡음으로 간주되는 문제점이 발생한다.

이러한 문제점을 보완하기 위해서 본 논문에서는 근막의 형태 정보와 위치 정보를 이용하여 근막을 복원하는 과정을 수행한다. 근막의 형태 정보는 그림 5의 (a)와 같이 근막 영역의 위, 아래 경계의 좌, 우 모서리 점을 이용하며, 각 경계의 좌, 우 모서리 좌표를 지나는 양방향의 연장선을 근막의 형태 정보로 정의한다.

근막 영역은 그림 5의 (b)와 같이 근육과 근육 사이에 위치하고 근육에 비해 밝은 명암도를 가진다. 따라서 본 논문에서는 그림 4의 (b)와 같이 잡음이 제거된 영상을 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 라벨링한 후, 라벨링된 객체의 좌표를 이용하여 각 근막의

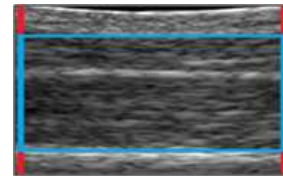


그림 6. 형태정보 및 위치정보에 대한 이진화 범위  
Fig. 6. Range of binarization for information on shape and location.

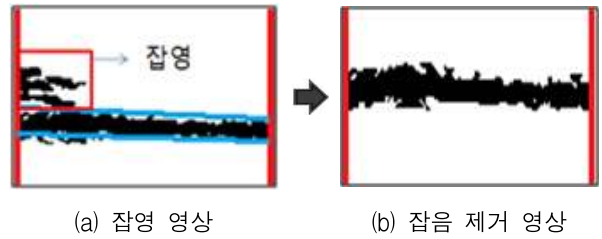


그림 7. 잡영 제거 과정  
Fig. 7. Noise removal process.

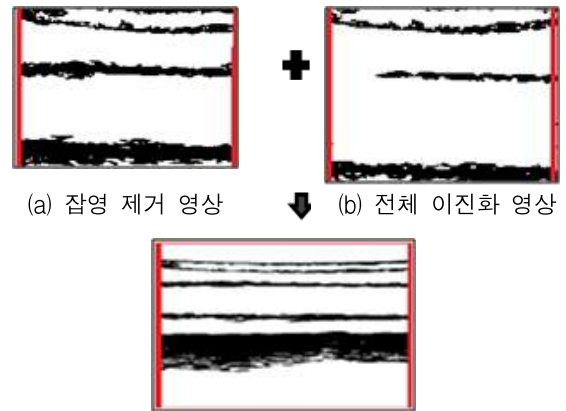


그림 8. 근막 복원 결과  
Fig. 8. Result of fascia restoration.

위치 정보를 설정한다.

설정된 근막의 위치정보를 이용하여 그림 6과 같이 부분 이진화를 위한 새로운 범위를 설정하고, 새롭게 설정된 범위에 평균 이진화 방법을 적용한다. 평균 이진화가 적용된 영상은 잡음과 근막의 잡영이 존재하기 때문에 이진화된 영역의 면적 중에서 30%보다 작은 면적을 잡음으로 간주하여 제거하고 근막의 잡영은 그림 5(a)에서와 같이 근막의 형태 정보를 이용하여 제거한다. 그림 7의 (a)와 같이 근막의 형태 정보를 이용하여 근막의 범위를 설정하고 설정된 범위 이외의 영역은 잡영으로 간주하여 제거한 후, 잡영이 제거된 영상과 전체 이진화 영상을 겹쳐서 근막을 복원한다.

그림 8은 잡영이 제거된 영상과 전체 이진화 영상을

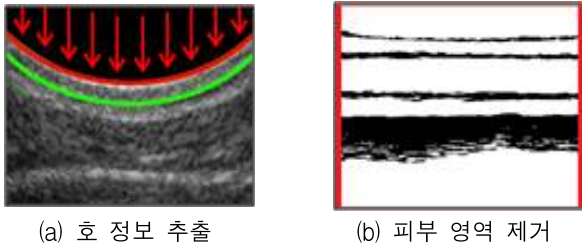


그림 9. 근막 영역 추출  
Fig. 9. Extracting fascia area.

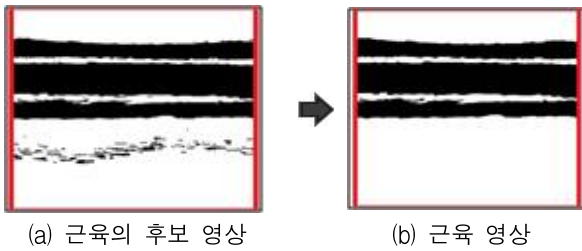


그림 10. 근육 영역 추출  
Fig. 10. Extracting muscle area.

겹쳐서 근막을 복원한 결과이다.

근막을 복원한 영상에서 근육을 추출하면 피부 영역이 존재하여 피하지방층을 근육으로 추출하는 경우가 발생한다. 따라서 피부 영역을 제거하기 위하여 전문가가 선택한 영역 안에서 위에서 아래로 탐색하여 나타나는 첫 번째 점들을 연결하여 호를 추출한다. 추출된 호의 두께를 10 픽셀로 계산한 후, 추출된 호의 두께를 기준으로 피부 영역이 제거될 범위를 설정한다. 근막이 복원된 영상에 제거될 범위를 설정하여 피부 영역을 제거한 후에 최종적으로 근막 영역을 추출한다. 그림 9는 호의 정보를 추출한 후에 피부 영역을 제거한 결과이다.

추출된 근막 영역에 대해 Up-Down Search 방법을 적용하여 위·아래 방향을 탐색한 결과를 겹쳐서 근육의 후보 영역을 추출한다. 추출된 근육 후보 영역에서 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 객체를 추출한다. 복부 영상에서 근육 영역은 3개의 영역으로 구성되기 때문에 3개의 가장 큰 객체 영역을 근육 영역으로 추출한다.

추출된 근육 영상에서는 그림 11의 (a)와 같이 근막 영역이외에도 근막 영역 주위에 지방 영역이 함께 추출되는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 백화소를 수직, 수평 방향으로 일정 크기의 픽셀 만큼 늘여주는 스미어링 기법<sup>[8]</sup>을 적용한다. 그림 12는 스미어링 기법을 적용하여 근육 영역을 복원한 결과

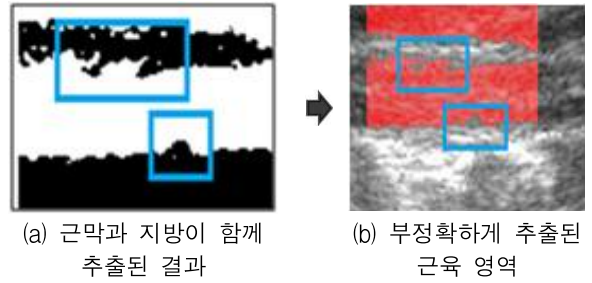


그림 11. 부정확하게 추출된 근육 영역  
Fig. 11. Obscure extractions.

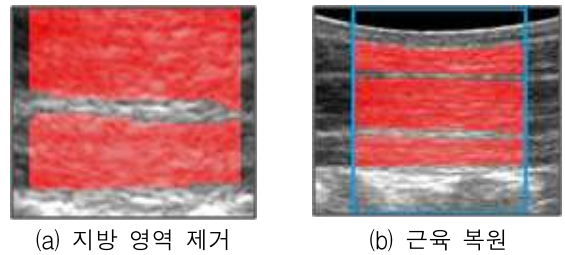


그림 12. 최종 근육 복원  
Fig. 12. Final muscle restoration.

영상이다.

추출된 복부의 근육 영역에서 근육의 두께를 측정할 때 오차의 범위를 최소화하기 위해 최소자승법을 적용한다. 최소자승법은 오차의 제곱의 합을 최소화하는 방식으로 모집단의 모수를 추정하는 방법으로 식 (1)과 같다.

$$y = a + bx$$

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i\right)\left(\sum_{i=1}^N y_i\right) - \left(\sum_{i=1}^N x_i\right)\left(\sum_{i=1}^N x_i y_i\right)}{N\left(\sum_{i=1}^N x_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^N x_i\right)^2} \quad (1)$$

$$b = \frac{N\left(\sum_{i=1}^N x_i y_i\right) - \left(\sum_{i=1}^N x_i\right)\left(\sum_{i=1}^N y_i\right)}{N\left(\sum_{i=1}^N x_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^N x_i\right)^2}$$

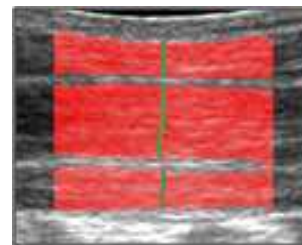


그림 13. 근육의 두께 측정  
Fig. 13. Measuring muscle thickness.

최종적으로 추출된 근육 영역의 상단 경계선 좌표를 식(1)에 적용하여 근육 두께 측정에 기준이 되는 가상의 선을 설정하여 근육의 두께를 측정한다. 그림 13은 추출된 근육 영역에서 근육의 두께를 측정한 결과 영상이다.

### III. 실험

본 논문에서는 초음파 영상에서 근육 영역의 두께를 측정하기 위해 532×434 크기의 Convex 형태인 DICOM 파일을 사용하였으며, 일반인 남성 27명의 복부 영상 642장을 대상으로 실험하였다.

그림 14의 (a)와 (b)와 같이 기존의 방법<sup>[5]</sup>과 제안된 방법에서 내복사근, 복횡근 영역이 모두 추출되었다. 그러나 기존의 방법에서는 내복사근 영역을 찾는 과정에서 영상의 왜곡으로 인해 그림 14의 (a)와 같이 외복사근 영역을 추출하는데 실패하였다. 또한 추출된 내복사근과 복횡근 근육 영역에서 그림 14의 (c)와 같이 근육의 형태가 정확히 추출되지 않아 근육의 두께를 효과적으로 측정할 수 없었다. 그러나 본 논문에서 제안된 방법은 선택 영역을 설정하고, 스미어링 기법을 적용하여 그림 14의 (b)와 같이 복부 초음파 영상에 존재하는 모든 근육을 효과적으로 추출하였다.

그림 15는 제안된 방법으로 복부 근육을 부정확하게

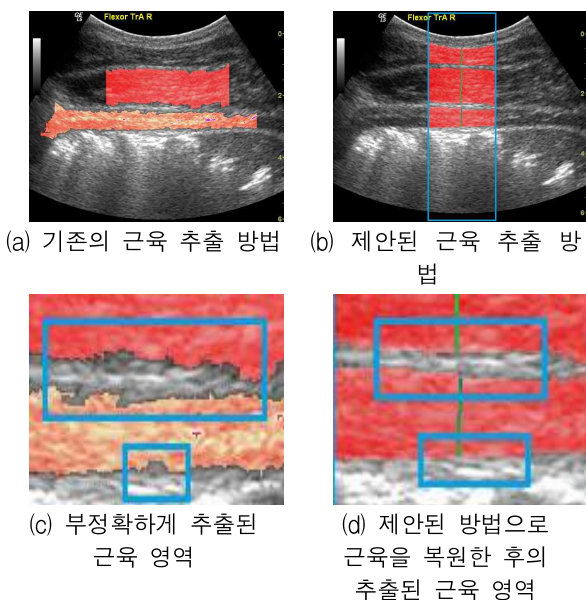


그림 14 기존의 방법<sup>[5]</sup>과 제안된 방법 비교  
Fig. 14. Comparing the proposed method with the conventional method<sup>[5]</sup>.

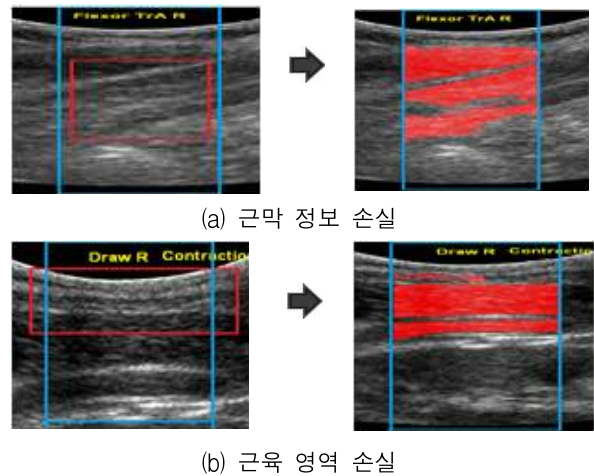


그림 15. 근육 추출 실패 영상  
Fig. 15. Failure in muscle extraction.

표 1. 복부 근육 두께 측정 결과 (단위, 장)  
Table 1. Result of measuring the thickness of abdomen muscle.

	기존의 방법[5]	제안된 방법
외복사근 추출 성공률	-	580/642(90.3)
내복사근 추출 성공률	556/642(87.4)	606/642(94.4)
복횡근 추출 성공률	540/642(84.1)	612/642(95.3)

추출한 경우를 나타내었다. 그림 15의 (a)는 초음파 영상 획득하는 과정에서 근막의 정보가 손실된 경우이며, 그림 15의 (b)는 외복사근 두께가 너무 작고, 근육과 근막의 경계가 뚜렷하지 않은 경우이다.

표 1은 실험에 적용된 복부 초음파 영상에서, 기존의 방법과 제안된 방법을 적용하여 근육을 추출한 결과를 비교하여 나타내었다. 표 1의 결과에서 알 수 있듯이 근육을 추출하는 과정에서 제안된 방법이 기존의 방법보다 근육 영역의 추출률이 개선된 것을 확인할 수 있다.

표 2, 3, 4는 복부 초음파 영상에서 제안한 방법과 전문의가 초음파 진단기기를 이용하여 근육의 두께를 측정한 결과를 비교하여 나타내었다.

표 2, 3, 4에서 제안된 방법의 근육 두께 측정 결과가 전문의의 측정 결과와 차이가 발생한 경우는 근막을 추출하는 과정에서 수직 방향의 평균 명암도를 이용하여 이진화하므로 근막 이외의 영역이 근막과 함께 추출되어 근육이 정확히 추출되지 않은 경우와 손상된 근막 영역에서 근육의 상단 및 하단 경계선을 보정하는 과정

표 2. 외복사근 오차 범위 (단위, 장)  
Table 2. Error range of the external oblique muscle of abdomen.

0.01Cm 이하	0.02Cm 이하	0.03Cm 이하	0.03Cm 이상
210 / 580 (36.2%)	150 / 580 (25.8%)	110 / 580 (19%)	110 / 580 (19%)

표 3. 내복사근 오차 범위 (단위, 장)  
Table 3. Error range of the internal oblique muscle of abdomen.

0.01Cm 이하	0.02Cm 이하	0.03Cm 이하	0.03Cm 이상
230 / 606 (38.1%)	175 / 606 (28.9%)	103 / 606 (16.8%)	98 / 606 (16.2%)

표 4. 복횡근 오차 범위 (단위, 장)  
Table 4. Error range of the transversus abdominis.

0.01Cm 이하	0.02Cm 이하	0.03Cm 이하	0.03Cm 이상
232 / 612 (37.9 %)	180 / 612 (29.4%)	115 / 612 (18.8%)	85 / 612 (13.9%)

(근육 두께 측정 영상 수 / 추출된 영상 수)

에서 전문의가 측정하는 부분과 차이가 발생한 경우이다. 그러나 전반적으로 표 2, 3, 4에서와 같이 측정된 근육 두께의 오차가 0.03 Cm 이하가 대부분이므로 제안된 복부 근육 추출 방법이 초음파 근육을 측정하는 방법으로 활용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 재활 분야의 초음파 영상 진단을 자동화하기 위해 복부 초음파 영상에 존재하는 근육을 추출하고 근육의 두께를 측정하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 왜곡이 존재하지 않는 근육 영역을 측정하기 위해 전문의가 측정할 영역을 선택하게 하였다. 선택된 초음파 영상의 영역에 Ends-in Search Stretching을 적용하여 근막과 근육 영역을 강조하였고, Stretching된 영상을 대상으로 수직 방향으로 평균 이진화 방법을 적용하였다. 이진화된 영상에서 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 객체를 추출하고 객체의 형태학적 특징을 이용하여 잡음을 제거하였다. 손실된 근막 영역에 대해서는 근막의 위치 정

보와 형태 정보를 이용하여 근막 영역을 복원하였다. 근막 영역이 복원된 영상에서 Convex 촬영시 나타나는 호의 정보를 이용하여 피부 영역을 제거하고, Up-Down Search 기법을 적용하여 근육의 후보 영역을 추출하였다. 추출된 근육의 후보 영역에서 형태학적 특징을 이용하여 잡음을 제거하였다. 그리고 지방의 명암도 차이로 인해 부정확하게 추출된 근육 영역에 대해서는 스미어링 기법을 적용하여 근육 영역을 복원하였다. 복원된 근육 영역에 최소자승법을 이용하여 복부 근육의 두께를 측정하였다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 기존의 근육 추출 방법보다 제안된 방법이 복부 영상에서 근육 영역을 추출하는데 효과적인 것을 확인하였다. 그러나 제안된 근육 추출 방법에서 일부 근막이 잡음과 같이 추출되어 근육 영역이 정확하게 추출되지 않아 전문의의 측정 결과와 비교하여 오차가 발생하였다.

따라서 향후 연구 방향은 임상학적 분석을 기반으로 근막을 정확히 추출하기 위해 퍼지 기법을 이용한 이진화 방법과 손상된 근막 영역에서 근육의 상단 및 하단 경계선을 정확히 복원하기 위해 Monotone Cubic Hermite 보간법을 적용하여 전문의의 근육 두께 측정 결과와 비교하여 근육 두께의 오차를 줄이는 방향으로 연구할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. A. Hide, T. Miokovic T, D. L. Belavy, W. R. Staqnton and C. A. Richarson, "Ultrasound ImageingAssesment of Abdominal Muscle Function During Drawing-in of the Abdominal Wall: An Intrarater Reliability Study," *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol.37, NO.8, pp. 480-486, 2007.
- [2] M. R. Fabianna, 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, pp.89-92, 2009.
- [3] F. W. Kremkau, *Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments*. WB Saunders, Philadelphia, 2002.
- [4] J. L. Whittaker, D. S. Zteyhen, J. M. Elliott, K. Cook, H. M. Langevin, H. H. Dahl, M. Stokes, "Rehabilitative Ultrasound Imaging: Understanding the Technology and Its

- Applications,” *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, Vol.37 pp. 434-449, 2007.
- [5] 장대성, 김재균, 김광백, “형태학적 특징과 근막 정보를 이용한 초음파 영상의 근육 영역 분석”, 한국지능정보시스템 추계학술대회 논문집, 402-410쪽, 2009년 11월
- [6] K. B. Kim, D. H. Song, Y. H. Joo, H. J. Lee, 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, pp.921-926, 2010.
- [7] K. B. Kim, D. H. Song, J. H. Cho, C. Kim, Y. W. Woo, “Detection and Recognition of Uyerine Cervical Carcinoma Cells in Pap-Smears using Kapur Method and Morphological Features,” *Information-An International Interdisciplinary Journal*, Vol.12, No.3, pp.731-741, 2009.
- [8] 김광백, 김영주, “다해상도 영상과 개선된 RBF 네트워크를 이용한 계층적 영문 명암 인식”, *한국정보처리학회논문지*, 제10-B권, 제4호, 443-450쪽, 2003년 8월.

---

— 저 자 소 개 —

---



김 광 백(정회원)  
 1993년 부산대학교 전자계산학과 석사 졸업.  
 1999년 부산대학교 전자계산학과 박사 졸업.  
 2009년 *Journal of Digital Imaging* (Springer) Guest Editor.

1997년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 교수.  
 2005년~현재 한국지능정보시스템학회 이사 및 논문지 편집위원.  
 2009년~현재 *The Open Artificial Intelligence Journal* (USA) Editor.  
 2009년~현재 *Scientific Journals International* (USA) Editor.  
 <주관심분야 : Fuzzy Neural Networks, Medical Image Processing, Support Vector Machines, Medical Informatics and Biomedical System>