

## 초음파 영상에서 복횡근 근육 추출

# Extraction of Transverse Abdominis Muscle form Ultrasonographic Images

김광백<sup>†</sup>

Kwang-Baek Kim<sup>†</sup>

신라대학교 컴퓨터공학과

### 요 약

초음파 영상 진단이 보편화되지 않은 재활 분야의 경우 초음파 영상에서 얻어지는 결과들이 전문의의 숙달 정도에 따라 주관적인 경향을 띠게 된다. 정확한 진단을 위해서는 객관적인 영상 분석이 필요하며, 정확한 자료 도출을 위한 자동화가 필요한 실정이다. 기존의 근골격계 검사에 사용되는 초음파 영상 분석의 자동화를 위해 제시된 방법은 영상에 존재하는 근막의 형태가 희미할 경우에는 정확한 근육 영역이 확보되지 않는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 초음파 영상 분석을 통한 객관적인 자료 도출을 위해 복부 초음파 영상에 존재하는 근육 영역 추출의 정확성을 높일 수 있는 방법을 제안한다. 근육 영역의 추출 과정은 초기 초음파 영상의 불필요한 잡음을 제거하고, Ends-in Search 알고리즘을 적용하여 근막과 근육 영역의 명암대비를 강조한다. 전처리를 통하여 근육과 근막 영역을 강조한 초음파 영상에 Up\_Down 탐색 기법을 적용하여 초기 근육 영역을 추출하고, 기존의 방법에서 근막 영역이 희미하여 정확하게 도출되지 않았던 근육 영역을 추출하기 위해 초기 추출된 근막의 형태 정보와 방향 정보를 기반으로 하는 마스크를 이용하여 희미한 근막을 추적한다. 마스크가 이동한 흔적을 이용하여 근막의 형태를 강조하고, 최종적으로 근육 영역을 추출한다. 제안된 방법을 재활 분야에서 실제 사용되는 Convex 형태의 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 기존의 근육 추출 방식보다 근육 정보를 정확하게 분석할 수 있고 근육 추출에 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

**키워드** : 복부 초음파 영상, 근막, 근육, Ends-in Search 알고리즘, Up\_Down 탐색

### Abstract

In rehabilitation where ultrasonographic diagnosis is not popular, it could be subjective by medical expert's experience. Thus, it is necessary to develop an objective automatic procedure in ultrasonic image analysis. A disadvantage of existing automatic analytic procedure in musculoskeletal system is to designate an incorrect muscle area when the figure of fascia is vague. In this study, we propose a new procedure to extract more accurate muscle area in abdomen ultrasonic image for that purpose. After removing unnecessary noise from input image, we apply End-in Search algorithm to enhance the contrast between fascia and muscle area. Then after extracting initial muscle area by Up-Down search, we trace the fascia area with a mask based on morphological and directional information. By this tracing of mask movements, we can emphasize the fascia area to extract more accurate muscle area in result. This new procedure is proven to be more effective than existing methods in experiment using convex ultrasound images that are used in real world rehabilitation diagnosis.

**Key Words** : Abdomen Ultrasonic Image, Fascia, Muscle, End-in Search Algorithm, Up-Down Search.

## 1. 서 론

초음파 진단은 환자의 상태나 치료 효과에 대한 검사를 위해 심장, 콩팥 등 내장기 검사, 태아의 건강 상태, 근골격계 검사 등과 같은 대부분의 의료 분야에서 활용된다. 초음파 영상 진단은 인체의 유해한 작용이 없이 진단이 가능하며, 시간적, 공간적 제약이 적고 환자들에게 신체적, 심리적 부담이 적어 의료 진단에 널리 사용된다[1,2]. 그러나 초음파 영상의 특성상 전문의의 숙련된 기술과 전문성에 따라서 결과가 다양해지는 단점이 존재하며, 환자 상태에 대한 정

확한 진단을 위하여 많은 시간과 노력이 요구된다.

재활 분야의 초음파 영상은 환자의 진단 및 치료에 다양하게 활용되어 유용한 정보를 얻을 수 있는 장점이 있지만, 영상에서 얻어지는 결과들이 사용자의 숙달 정도에 따라 달라지며, 결과들에 대한 해석이 주관적인 경향이 있어 보편화 되어있지 않은 것이 현실이다[1]. 따라서 측정된 영상에서 획득하고자 하는 자료가 객관적으로 도출된다면 초음파 영상의 사용이 쉬워질 것이며, 환자들에 대한 교육뿐만 아니라, 자료에 대한 환자들의 이해도를 높일 수 있을 것이다. 본 논문에서는 재활 분야의 초음파 영상 분석을 자동화하여 객관적인 자료를 도출하기 위한 방법으로 근육의 길이, 두께, 직경, 단면적의 크기, 부피, 배열각 등을 포함한 근육의 구조와 변화 양상뿐만 아니라 근수축시 다른 구조물들에 미치는 영향, 조직의 움직임과 변형, 근조직의 조밀도 등의 자료를 분석[3,4]하기 위한 전단계로서 복횡근 근육 영역을 분

접수일자: 2012년 4월 2일

심사(수정)일자: 2012년 6월 4일

게재확정일자: 2012년 6월 7일

<sup>†</sup> 교신 저자

석하고 추출하는 방법을 제안한다.

제안된 방법을 실험하기 위해서 복부를 대상으로 촬영한 640×480 크기의 초음파 영상을 이용한다. 근육 영역 추출을 위해 초기 획득한 초음파 영상의 불필요한 잡음을 제거하고, Ends-in Search 알고리즘을 적용하여 근막과 근육 영역의 명암도 분포를 보정한다. 전처리 과정을 통해 얻어진 영상을 제안된 이진화 방법을 적용하여 근막을 추출하고, 추출된 근막에 Up\_Down 탐색 기법을 적용하여 초기 근육 영역을 추출한다. 기존의 근육 추출 방법에서 희미해진 근막으로 인해 근육 영역의 형태가 정확하지 않았던 단점을 개선하기 위해 근막의 형태 정보와 방향 정보를 기반으로 하는 마스크 연산을 반복적으로 실행하여 희미해진 근막의 형태를 강조하고, 최종적으로 근육 영역을 추출한다.

## 2. 초음파 영상 보정

본 논문에서 제안하는 초음파 영상에서 근육 영역을 추출하는 전체 과정은 그림 1과 같다.

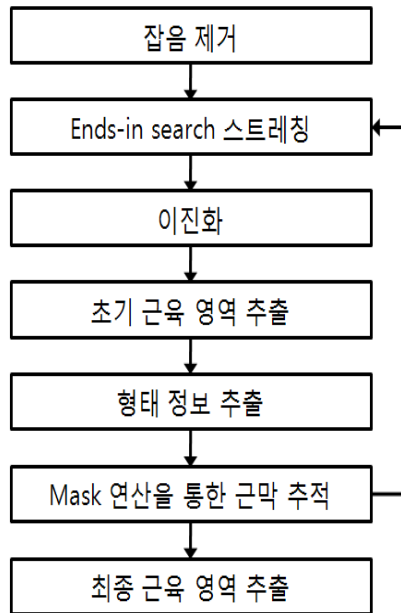
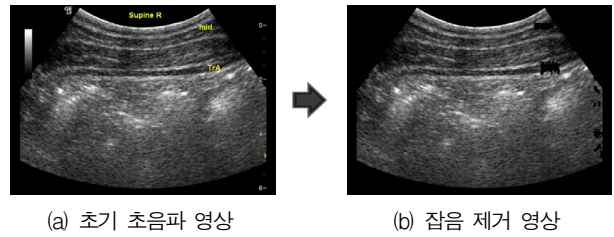


그림 1. 초음파 영상에서 근육 영역 추출 과정

Fig. 1. Overall Procedure for muscle area extraction

본 논문에서 근육 영역 추출을 위해 사용된 복부 초음파 영상은 그림 2의 (a)와 같다. 초음파 영상은 0~255 사이의 명암도 값으로 구성되며, 투과 정도에 따라 밝고 어두운 명암도로 나타난다. 복부 초음파 영상은 밝은 명암도로 분포한 근막 영역과 비교적 어두운 명암도로 분포한 근육 영역으로 구성되며, 영상 촬영을 보조하기 위한 눈금과 영상 정보 등이 추가되어 있다[5]. 추가된 정보는 전문의가 육안으로 진단하기 위해서 필요한 요소이지만, 자동화 과정에서는 부정확한 결과의 원인이 되므로 본 논문에서는 잡음으로 간주한다. 영상에 존재하는 눈금의 경우에는 근육의 정보를 추출하기 위해 필요한 수치임으로 눈금에 대한 픽셀의 비율을 구한 후 제거한다. 그림 2의 (b)는 근육 영역의 추출 성능을 개선하기 위해서 잡음으로 간주된 요소들을 제거한 영상이다.



(a) 초기 초음파 영상 (b) 잡음 제거 영상

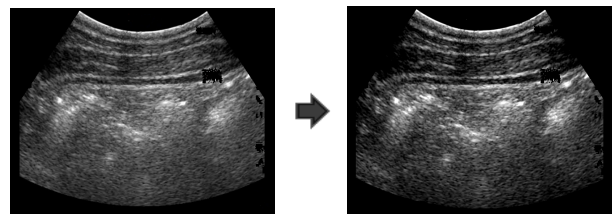
그림 2. 초기 초음파 영상에서 잡음 제거

Fig. 2. Noise removal of initial ultrasonographic image

초음파 영상을 분석하기 위해 필요한 객체들은 명암도 차이를 이용하여 구분한다. 근막은 근육 영역에 비해 밝은 명암도를 가지며, 두 영역의 정확한 추출을 위해 각 영역의 명암도를 강조한다. 식 (1)은 명암도 분포와 밝기의 차이를 통해 구분되는 근막과 근육 영역의 특징을 부각시키기 위해 사용된 Ends-in Search 스트레칭 기법의 수식이다[6].

$$S = \begin{cases} 0 & \text{For } p \leq l \\ 255 \times (p-l) \times (h-l) & \text{For } l < p < h \\ 255 & \text{For } h \leq p \end{cases} \quad (1)$$

식(1)에서  $p$ 는 대상 픽셀의 명암도이며, 잡음으로 간주되는 명암도를 제외하기 위해  $l$ 에서  $h$ 구간으로 구분한다. 0에서 255 사이의 명암도 값으로 구성된 초음파 영상에서 대상 픽셀  $p$ 의 명암도가  $l$ 보다 작거나  $h$ 보다 클 경우에는 0과 255값으로 변경하며,  $l$ 과  $h$  사이의 구간은  $255 \times (p-l) \times (h-l)$ 을 적용하여 대상 픽셀의 밝고 어두운 정도를 강조한다. Ends-in Search 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 강조한 영상은 그림 3의 (b)와 같다.



(a) 잡음이 제거된 영상 (b) Ends-in Search 스트레칭을 적용한 영상

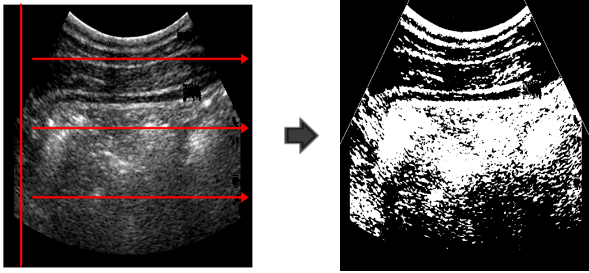
그림 3. 초음파 영상의 전처리 과정

Fig. 3. Image preprocessing of ultrasonographic image

## 3. 근육 영역 추출

전처리된 영상에서 밝은 명암도 분포로 나타나는 근막 영역을 추출하기 위해 영상을 이진화한다. 복부 초음파 영상에서 나타나는 대부분의 근막 영역과 근육 영역은 가로 방향으로 늘어선 형태이다. 두 영역의 경계면 역시 가로 방향의 한 선으로 나타나며, 선을 기준으로 두 영역의 명암도 분포는 큰 차이를 갖는다. 따라서 복부 초음파 영상을 전체 영상이나 부분 영역을 대상으로 이진화할 경우에는 효과적으로 이진화가 되지 않아서 근막을 정확히 추출할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 가로 형태로 늘어선 근육 영역과 근막 영역의 형태학적 특징을 이용하여 그림 4의 (a)와 같이

모든 수직선에 대하여 개별적으로 평균 이진화를 적용한다. 이진화가 수행된 영상은 그림 4의 (b)와 같다.

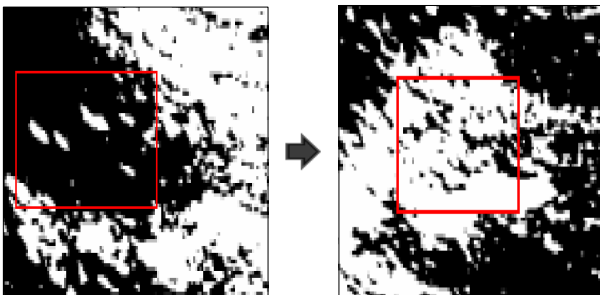


(a) 수직 방향 이진화 (b) 이진화된 영상

그림 4. 제안된 이진화 과정

Fig. 4. Proposed binarization process

이진화 과정에서 추출된 잡음과 근막 영역을 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘[7,8]을 적용하여 라벨링하며, 라벨링된 객체의 크기가 영상의 총 면적의 15%보다 작을 경우에는 잡음으로 간주하여 제거한다. 잡음은 그림 5의 (a)와 같이 밝은 명암도 값을 가지거나, 그림 5의 (b)와 같이 어두운 명암도를 가지게 된다. 두 잡음은 근육 영역을 추출할 때 영향을 준다. 따라서 그림 5의 (a)와 같은 밝은 명암도를 제거한 후에 영상을 반전하여 그림 5의 (b)와 같은 어두운 명암도도 제거한다.



(a) 밝은 명암도를 가지는 잡음 (b) 어두운 명암도를 가지는 잡음

그림 5. 영상 반전을 이용한 잡음 제거

Fig. 5. Noise removal using image reversal

잡음이 제거된 영상에서 초기 근육 영역을 추출하기 위해서 Up\_Down 탐색 기법을 적용한다. Up\_Down 탐색 기법은 그림 6의 (a)와 같이 잡음이 제거된 이진화 영상에 존재하는 모든 객체의 경계선을 이용하며, 각 객체의 위 방향과 아래 방향으로 다른 객체의 경계선을 만날 때까지 탐색하고, 두 방향의 탐색 결과에서 겹쳐지는 부분을 초기 근육 영역의 후보 객체로 설정한다. 복부 초음파 영상에 존재하는 최상위 피하지방층을 제외한 외복사근, 내복사근, 복횡근과 같은 3개의 근육층 중에서 최하위에 존재하는 3번째 근육 층인 복횡근은 형태가 가장 안정적이며, 모든 근육 층을 찾기 위한 초기 과정으로 3번째 근육 층인 복횡근을 정확히 추출하는 것이 중요하다. 따라서 설정된 초기 근육 영역의 후보 객체들 중에서 최하위에 위치한 객체를 초기 근육 영역으로 간주한다. 그림 6은 Up\_Down 탐색 기법을 적용한 영상이다.

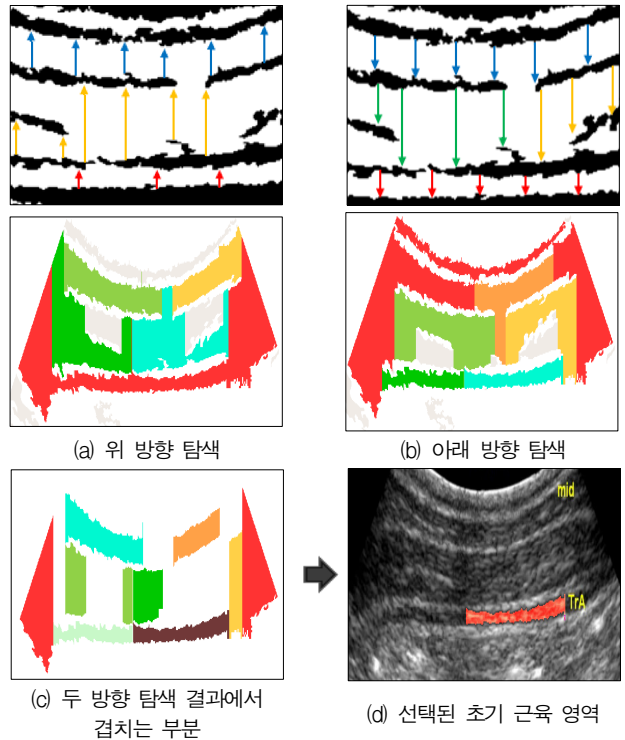


그림 6. Up\_Down 탐색 기법을 적용한 근육 영역 추출

Fig. 6. Muscle Area Extraction with Up-down Search

#### 4. 마스크 연산을 통한 근막 복원

추출된 초기 근육 영역의 형태는 그림 7과 같다. 희미한 근막으로 인해 초기 근육 영역과 실제 근육 영역간의 차이가 나타나는 것을 그림 7에서 확인할 수 있다.

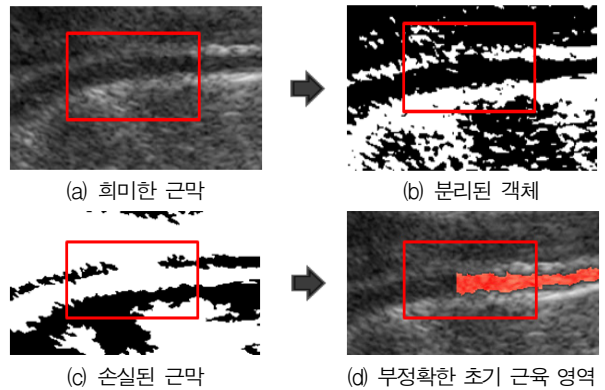


그림 7. 부정확한 초기 근육 영역

Fig. 7. Incorrect initial muscle area

부정확한 초기 근육 영역을 기준으로 정확한 근육의 전체 영역을 추출하기 위해 본 논문에서는 근막의 형태 정보와 방향 정보를 적용한다. 근육의 형태 정보는 그림 8(a)와 같이 초기 근육 영역의 형태를 기반으로 그림 8(b)와 같이 손실된 근막의 형태를 추론하고, 그림 8 (d)와 같이 희미한 근막의 형태를 가상의 선으로 나타낸다.

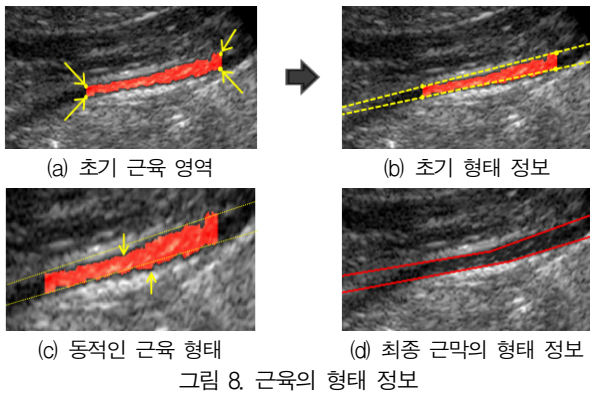


그림 8. 근육의 형태 정보  
Fig. 8. Morphological information of muscles

가상의 근막 형태를 얻기 위해서 그림 8의 (a)와 같은 초기 근육 영역의 위, 아래 경계의 좌, 우 모서리 점을 이용하며, 각 경계의 좌, 우 모서리 좌표를 지나는 양방향의 연장선을 근육의 형태 정보라고 정의한다. 일반적으로 직선의 형태를 가지지 않고, 다양한 모양으로 휘어있는 근육의 형태를 감안하여 그림 8의 (c)와 같이 각 경계에 대해서 초기 형태 정보를 가진 선과 가장 벗어난 한 점을 찾아 좌, 우 모서리 점과 연결하여 최종적인 근막의 형태 정보를 얻는다. 가상의 선인 근막의 형태 정보를 마스크 연산의 입력으로 적용하기 위해서 영상과 같은 크기로 생성된 가중치 맵에 저장한다. 가중치는 가상의 선이 지나간 자리에 가장 높은 값을 설정하며, 위와 아래 방향으로 선과 멀어질수록 감소하여 설정한다. 최대 감소 반경은 20픽셀이며, 반경에 벗어난 픽셀에 대해서는 가중치를 설정하지 않는다.

근육의 형태를 추론하여 생성된 가중치 맵은 근막을 재생하기 위한 마스크의 이동 반경에 제한을 주며, 예상하지 못한 방향으로 이동하는 것을 방지한다. 형태 정보와 함께 마스크의 이동을 위해서는 마스크의 방향 정보를 입력하며, 방향 정보는 마스크의 시작 위치에 따라 서로 다른 값을 입력한다. 초음파 영상에서 근육의 좌, 우 끝 모양은 보통 두 가지 형태를 가진다. 근육 끝의 일반적인 형태는 불룩하게 모아진 형태이며, 측정 대상 영상의 근육 영역이 전, 후 프레임과 연결된 경우에 근육의 끝은 평행선의 형태이다. 방향 정보는 근육의 형태를 감안하여 각 위치의 진행 방향과 모아지는 근육의 형태를 수치화한다.

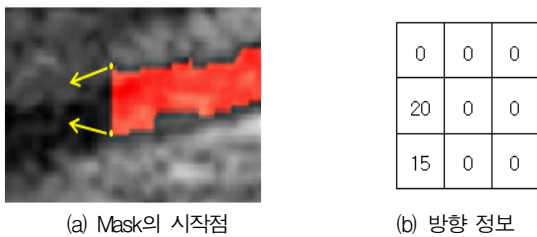


그림 9. Mask의 출발점과 방향 맵  
Fig. 9. Start point of masking and directional map

그림 9의 (a)는 초기 근육 영역의 좌측 마스크 시작점이며, (b)는 방향 정보를 수치화한 예로써 위 경계선의 좌측 마스크의 방향 정보이다. (b)의 수치 20은 시작점이 근육 영역 좌측에 존재하는 마스크를 좌측으로 이동시키기 위한 값이며, 15는 모아지는 형태를 만들기 위한 수치이다.

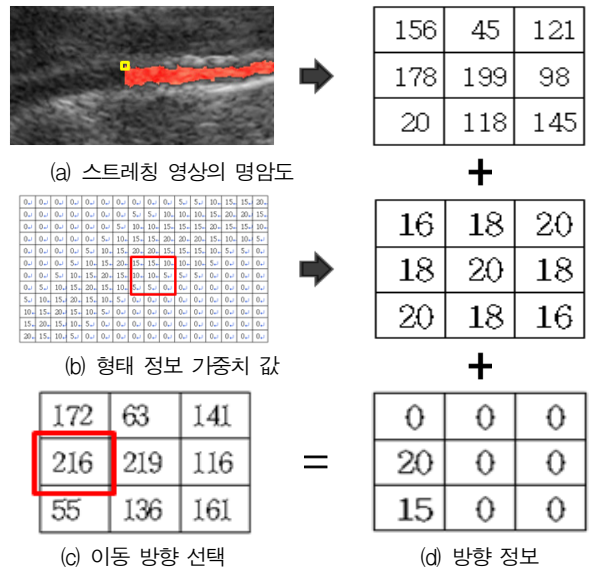


그림 10. 마스크의 이동  
Fig. 10. Mask Movements

마스크는 그림 10의 (a)와 같은 시작 지점을 중심으로 하여 희미한 근막을 추적한다. 마스크의 다음 이동 방향을 결정하기 위해 전처리된 스트레칭 영상의 명암도를 마스크의 기본 값으로 입력하며, 마스크의 이동 범위를 제한하기 위해서 (b)와 같이 초기 근육의 형태 정보를 수치화하여 입력한 가중치 맵에서 마스크의 위치에 해당하는 값을 합산한다. 기본 정보와 근육의 형태 정보가 합산된 마스크에 진행 방향과 근육의 형태가 수치화된 방향 정보를 추가 합산하여 가장 높은 값을 가지는 위치로 마스크의 중심을 이동시킨다. 본 논문에서는 희미한 근막에 의해서 분리 추출된 근막 영역의 상대 길이가 보통 20~30 픽셀인 것을 감안하여 마스크의 이동을 35번으로 제한하였으며, 마스크가 이동한 픽셀의 명암도 값을 증가시켜 희미한 근막을 강조한다. 강조된 근막의 정보를 스트레칭 영상에 저장하고 이전화 과정부터의 순서를 반복 수행하여 최종적인 복원된 근육 영역을 추출한다. 그림 11은 마스크의 이동으로 근막 영역이 강조된 스트레칭 영상이다.

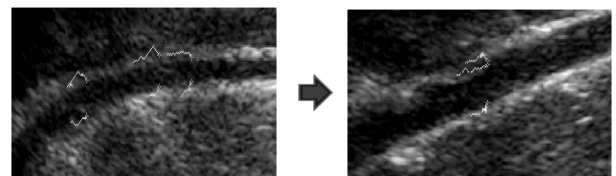


그림 11. 강조된 근막 영역  
Fig.11. Highlighted fascia area

### 5. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안된 방법을 인텔® 코어™ i5-2410M과 4.00GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio 2005로 구현하여 실험하였으며, 실험을 위해 640×480 크기의 Convex 형태의 초음파 영상을 이용하였으며,



일반인 4명을 대상으로 허리 부위 50장과 기존의 방법에서 분석에 적용되었던 39장을 포함한 총 89장의 복부 초음파 영상을 대상으로 실험하였다. 그림 12는 제안된 방법을 적용하여 최종 복횡근 근육 영역을 추출한 결과 영상이다. 그림 12의 (a) 영상에서 좌측에 존재하는 어두운 영역은 초음파 기기의 탐촉자가 피부면과 효과적으로 접촉되지 않아 나타난 경우이다. 이 경우에는 근막과 근육의 정보가 나타나지 않기 때문에 근육 영역 추출을 위한 범위에서 제외하였으며, 마스크 연산을 수행하지 않았다.

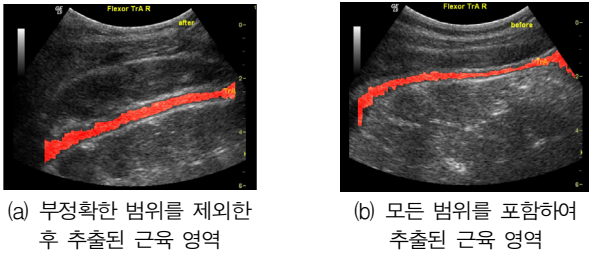


그림 12. 근육 영역 추출  
Fig. 12. Muscle area extraction

그림 13의 (a)는 기존의 방법[9]에서 전처리 과정에서 적용한 반복 이진화의 결과이며, (b)는 본 논문의 전처리 과정에서 제안된 수직 방향의 각 라인을 이진화한 결과 영상이다. 제안된 마스크 연산을 수행하여 희미한 근막을 강조하고, 최종 복횡근 근육 영역을 추출하기 위해서는 초기 근육 영역의 탐색이 중요하다. 따라서 초기 근막의 형태를 추출하기 위해서는 이진화 과정이 매우 중요하다.

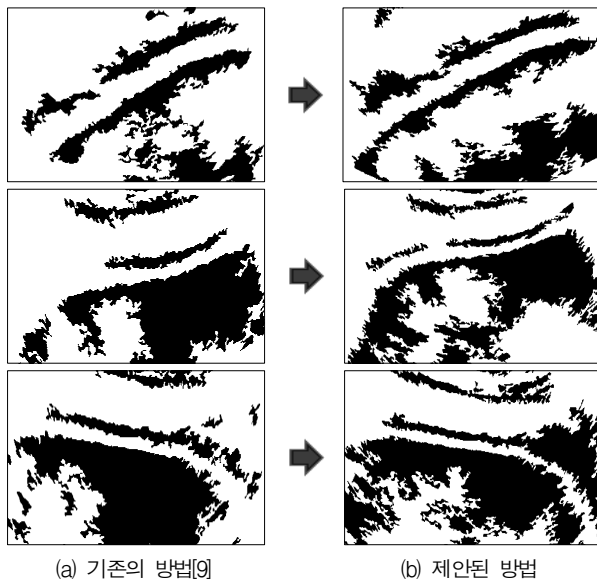
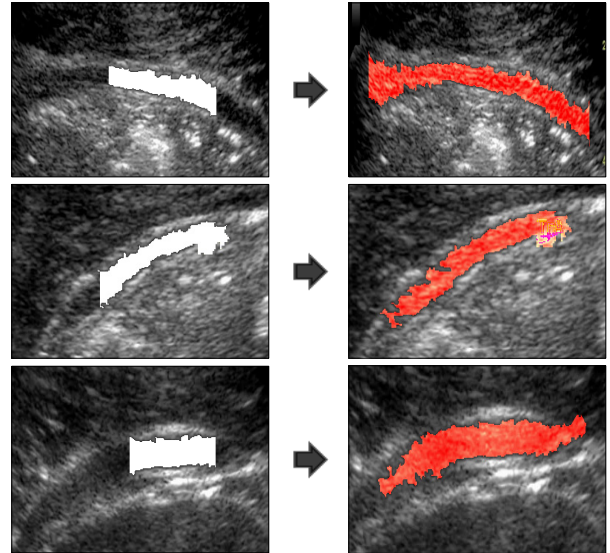


그림 13. 객체 내부 잡음 제거를 통한 초기 근막 추출 결과 비교

Fig. 13. Comparison of initial Fascia extraction with internal noise removal

기존의 방법에서 적용한 반복 이진화 방법은 정확한 기준이 없이 전체 영상의 명암도의 차이를 이용하여 임계값을 설정한 후에 이진화를 수행하였다. 이 경우에는 그림 13의

(a)와 같이 근막의 정보가 손실되는 경우가 발생하였다. 그러나 제안된 이진화 방법은 초음파 영상에서 가로 방향으로 나타나는 근막과 근육 영역의 두 경계를 기준으로 위, 아래 명암도 값의 차이가 크다는 특징을 이용하여 수직 직선 형태로 각각 이진화 하였다. 그 결과, 그림 13의 (b)와 같이 잡음이 효과적으로 제거되었고 근막의 손실이 적었다. 반복 이진화와 제안된 이진화의 결과 영상에서 초기 추출된 근막의 형태가 기존의 방법에 비해 정확하여 초기 근육 영역 탐색에 효과적인 것을 확인할 수 있다.



(a) 기존의 방법 (b) 제안된 방법

그림 14. 추출된 근육 영역의 비교

Fig. 14. Comparison of extracted muscle area

그림 14의 (a)영상은 기존의 방법을 적용하여 추출된 복횡근 근육 영역 결과 영상이며, (b)는 제안된 방법을 적용하여 추출된 복횡근 근육 영역 결과 영상이다. 기존의 방법에서는 초기 초음파 영상에서 희미하게 나타나는 근막 영역을 전처리 과정과 이진화 과정에서 잡음으로 간주하여 제거하였다. 그 결과, 기존의 방법을 적용하여 추출된 복횡근 근육 영역은 그림 14의 (a)와 같이 절단된 형태이며, 근육 영역의 자동 분석에는 효과적이지 못한 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 절단된 형태로 추출된 초기 근막 영역의 형태 정보와 방향 정보를 적용하여 마스크 연산을 수행하였다. 그 결과, 기존의 방법에서 추출에 실패한 복횡근 근육 영역을 추출하여, 자동 분석의 정확성이 개선된 것을 확인하였다.

## 6. 결론

본 논문에서는 재활 분야의 초음파 영상 진단을 자동화하기 위해서 복부 초음파 영상에 존재하는 근육 영역을 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 초기 초음파 영상에 존재하는 잡음을 제거하고 근막과 근육의 명암 대비를 강조하였다. 전처리된 영상의 수직선을 개별적으로 평균 이진화하고 Up\_Down 탐색 기법을 적용하여 초기 근육 영역을 추출하였다. 추출된 초기 근육 영역의 형태

정보와 방향 정보를 적용하는 마스크 연산을 수행하여 최종적으로 복형근 근육 영역을 추출하였다.

일반인 4명을 대상으로 허리 부위 50장과 기존의 방법에서 분석에 적용되었던 39장을 포함한 총 89장의 복부 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 기존의 방법을 적용하여 추출한 복형근 근육 영역에 비해 정확성이 개선되었으며, 초음파 영상 진단의 자동화를 위한 방법으로 효과적인 것을 확인하였다. 제안된 방법을 적용하여 추출한 최하위층인 복형근 근육 영역은 나머지 근육 층의 탐색을 위해서 필요하다. 따라서 향후 연구 과제로는 본 논문에서 제안된 방법을 적용하여 추출한 최하위층인 복형근 근육 영역을 기준으로 나머지 근육 영역인 내복사근과 외복사근을 탐색하기 위한 방법을 연구할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] P. H. Perreira, M. L. Ferreira, P. W. Hodges, "Changes in Recruitment of the Abdominal Muscles in People with Low Back Pain: Measurement of Muscle Activity," *Spine*, Vol.29, pp.2560-2566, 2004.
- [2] F. W. Kremkau, *Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments*, WB Saunders, Philadelphia, 2002.
- [3] J. P. Leigh, S. B. Markowitz, M. Fahs, C. Shin, P. J. Landrigan, "Occupational injury and illness in the United States. Estimates of costs, morbidity, and mortality," *Archives of Internal Medicine*, Vol.157, pp.1557-1568, 1997.
- [4] A. Rezasoltani, J. Ylinen, V. Vihko, "Isometric cervical extension force and dimensions of semispinalis capitis muscle," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol.39 pp.423-428, 2002.
- [5] H. M. T. Van and J. H. Introcas, *Musculoskeletal Ultrasound*, Philadelphia, PA: Mosby Press, 2001.
- [6] K. B. Kim, D. H. Son, 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 Uterine 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, "개선된 퍼지 ART 알고리즘을 이용한 자궁 경부 세포진 핵 분할 및 인식," *퍼지 및 지능시스템학회논문지*, 16권, 5호, pp.519-524, 2006.
- [9] K. B. Kim, H. J. Lee, D. H. Song, Y. W. Woo, "Extracting Fascia and Analysis of Muscles from Ultrasound Images with FCM-based Quantization Technology," *Neural Network World*, Vol.20, No.3, pp.405-416, 2010.

### 저 자 소 개



#### 김광백(Kwang-Baek Kim)

1999년 : 부산대학교 전자계산학과  
이학박사

1997년~현재 : 신라대학교 컴퓨터공학과  
교수

1999년~2000년 : Biomedical Fuzzy  
Systems Association, Editor(Japan)

2003년~현재 : 한국지능정보시스템학회

이사 및 논문지 편집위원

2009년 : Journal of Digital Imaging (Springer), Guest  
Editor

2009년~현재 : The Open Artificial Intelligence Journal  
(USA), Editor

2011년~현재 : International Journal of Information  
Science (USA), Editor.

관심분야 : Fuzzy Neural Networks, Medical Image  
Processing, Support Vector Machines,  
Bioinformatics and Biomedical System.

Phone : +82-51-999-5052

E-mail : gbkim@silla.ac.kr