

근막 정보를 이용한 초음파 영상에서의 근육 영역 추출

김 광 백[†]

요 약

초음파 영상은 초음파 펄스를 이용하여 반사파를 수신하여 진단에 필요한 영상을 구성하는데 신호가 약해 질 경우 잡음이 발생하며 미세한 명암도 차이 등에 의해 분석 과정에서 육안으로 인지하고 진단하는데 어려움이 있다. 특히 근골격계 검사를 위한 초음파 영상에서 근육 영역의 진단에 어려움을 준다. 따라서 본 논문에서는 초음파 영상에서 영상 처리 기법을 이용하여 근육 영역을 검출할 수 있는 방법을 제안한다. 초음파 영상에서의 근육 영역 검출은 피하지방층과 기타 영역 그리고 근육을 둘러싸고 있는 근막 후보 영역을 검출한 후, 위치 정보와 형태학적 특징을 이용하여 최종적으로 근막 내부 영역인 근육 영역을 검출한다. 제안된 방법의 근막 후보 영역의 검출 과정은 개선된 히스토그램 스트레칭과 Multiple 연산으로 대비차를 향상시키고 반복 이진화 기법을 적용한 후, 잡음에 의해 손실되거나 끊어진 근막 영역을 거리 및 방향 분석을 이용하여 연결한 후에 근막 후보 영역을 검출한다. 검출된 근막 후보 영역의 형태학적 특징과 위치 정보를 이용하여 피하지방층과 기타 영역을 분류한 후, 최종적으로 근육 영역을 검출한다. 실제 초음파 영상을 대상으로 제안된 근육 검출 방법을 적용하여 검출된 근육 영역과 전문가가 분석한 근육 영역을 비교한 결과, 제안된 근육 검출 방법이 전문가가 육안으로 분석한 근육 영역과 근접하게 검출되어 본 논문에서 제안한 근육 영역 검출 방법이 효율적임을 확인하였다.

Extraction of Muscle Areas from Ultrasonographic Images using Information of Fascia

Kim Kwang-Baek[†]

ABSTRACT

Ultrasonography constructs pictures of areas inside the body needs in diagnosis by bouncing high-energy sound waves(ultrasound) off internal tissues or organs. In constructing an ultrasonographic image, the weakness of bounding signals induces noises and detailed differences of brightness, so that having a difficulty in detecting and diagnosing with the naked eyes in the analysis of ultrasonogram. Especially, the difficulty is extended when diagnosing muscle areas by using ultrasonographic images in the musculoskeletal test. In this paper, we propose a novel image processing method that computationally extracts a muscle area from an ultrasonographic image to assist in diagnosis. An ultrasonographic image consists of areas corresponding to various tissues and internal organs. The proposed method, based on features of intensity distribution, morphology and size of each area, extracts areas of the fascia, the subcutaneous fat and other internal organs, and then extracts a muscle area enclosed by areas of the fascia. In the extraction of areas of the fascia, a series of image processing methods such as histogram stretching, multiple operation, binarization and area connection by labeling is applied. A muscle area is extracted by using features on relative position and morphology of areas for the fascia and muscle areas. The performance evaluation using real ultrasonographic images and specialists' analysis show that the proposed method is able to extract target areas being approximate to real muscle areas.

Key words: Ultrasonographic image(초음파 영상), Muscle(근육), Fascia(근막), Histogram stretching (히스토그램 스트레칭)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김광백, 주소: 부산광역시 사상구 패법동 산1-1(617-736), 전화: 051)999-5052, FAX: 051)999-5657, E-mail: gbkim@silla.ac.kr

접수일: 2008년 4월 16일, 완료일: 2008년 7월 28일
[†] 중신회원, 신라대학교 컴퓨터정보공학부 교수

1. 서 론

인체를 검사하는 방법들은 매우 다양하며 그 중 가장 쉽게 접근 할 수 있는 방법 중의 하나가 초음파 검사이다. 특정 부위를 제외한 인체 거의 모든 부분을 검사 할 수 있는 것이 큰 장점이며 검사를 위해 피부를 뚫거나 약물 투약 없이 사용이 간편하다[1,2]. 또한 다른 진단 장비에 비해 비교적 저렴하다.

특히 근골격계 검사를 위한 초음파 영상은 인대, 건, 근육의 손상에 대한 의료 진단에 사용될 뿐 아니라, 치료 후 변화에 대한 평가와 치료 시 환자에게 치료에 대한 인지를 높이기 위하여 바이오피드백(biofeedback)으로도 사용된다[3,4].

초음파 진단장치는 초음파 펄스를 인체의 장기에 발사하여 반사체로부터 반사되어 돌아오는 반사 수신된 신호로 초음파 영상이 구성되는데 신호가 약해질 경우, 잡음이 발생하게 된다[5,6]. 이러한 잡음은 근본적인 초음파 영상의 저하를 가져오고 미세한 명암도 차이 등에 의해 분석 과정에서 사람이 육안으로 영상을 인지하는데 영향을 미친다.

기존의 초음파 영상은 주관적인 관점에서 진단에 유용한 영상을 만들기 위해 화질을 향상시키기 위한 방법은 많이 수행되어 왔으나 초음파 영상에서 인대, 건, 근육의 손상에 대한 의료 진단에 사용할 수 있는 영역을 검출하는 방법은 아직 소개되어 있지 않다.

따라서 본 논문에서는 다양한 검사 방법 중 초음파 검사를 위한 초음파 영상을 영상 처리 기법을 이용하여 피하지방, 근막, 근육의 후보 영역을 정의하고 근골격계 검사를 위한 초음파 영상에서 사람의 육안으로 인지하고 진단하는데 사용될 근육 영역을 검출하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 초음파 영상의 구성에 대해 기술하고 3장에서는 전처리 과정을 거친 초음파 영상에서 영상 처리 기법을 적용하여 근막 영역과 피하지방층 및 기타 영역으로 구분하고 이들 영역을 이용하여 근육 영역을 검출하는 방법을 제안한다. 4장에서는 실험 및 결과 분석을 하고, 5장에서는 결론으로 마무리한다.

2. 초음파 영상

초음파 영상은 회색조(gray scale)라 불리며 0~

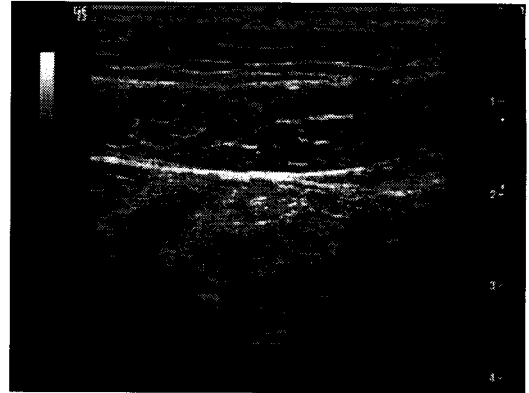


그림 1. 초음파 영상

255의 다른 명암 레벨로 구성된다. 고형성 영역은 밝게, 액체는 어두운 레벨로 그림 1과 같이 형성되어 있다[2].

초음파 진단장치는 초음파 펄스를 인체의 장기에 발사하여 반사체로부터 반사되어 돌아오는 반사파를 수신하여 진단에 필요한 영상을 구성한다. 이 때 수신된 신호는 매질에 의한 수신 신호와 초음파 탄축자에 의한 변환을 등에 의해 초음파 신호의 강도는 약해지며 또한 잡음이 발생하게 된다[5]. 발생한 잡음은 초음파 영상을 분석하고 진단하는데 어려움을 준다.

3. 제안된 근육 영역 검출

3.1 전처리 과정

초음파 영상에서 그림 2와 같이 실제 영상 처리에

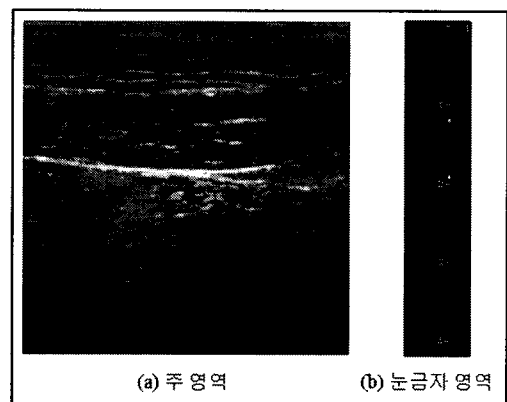


그림 2. 주 영역과 눈금자 영역 구분

적용될 주 영역과 근육 영역에 대한 크기 정보를 나타내는 눈금자 영역으로 분리하며 근육 영역에 대한 실제 크기를 계산하기 위한 눈금 길이 정보를 저장한다.

3.2 근막 영역 검출

그림 3은 초음파 영상에서 주 영역을 나타내며 피하지방층 영역은 상위 근막 상단 부분에 위치하며 어두운 명암 분포도를 가진다. 근막은 초음파 영상에서 상대적으로 밝은 명암 분포도를 가지며 근육 영역은 근막 내부에 위치하고 있으며 어두운 명암 분포도를 가진다. 기타 영역은 인체의 부위에 따라 여러 장이나 골격 등이 나타난다.

본 논문에서는 초음파 영상을 이용하여 근골격계 검사 시 근육의 형태와 크기 정보를 나타내기 위하여 피하지방층, 근막, 근육, 기타 영역별 명암도, 위치, 형태학적 특징을 이용하여 근육 영역을 검출한다. 근육 영역은 피하 지방층 영역과 기타 영역의 명암 분포도가 유사하기 때문에 검출하기가 어렵다.

따라서 초음파 영상에서 근막의 상대적으로 밝은 명암도를 가지는 영역과 근육 영역의 내부에 위치하여 근육을 둘러싸고 있는 특징을 이용하여 근육 영역을 검출하기 전에 근막을 먼저 검출한다. 초음파 영상은 저대비 영상이기 때문에 근막과 유사한 명암도를 가지는 잡음이 존재하므로 정확한 근막의 후보 영역을 검출하기 위해서는 대비 개선을 통해 대비차를 향상시킨다. 그리고 근막과 배경 영역으로 구분하기 위하여 반복 이진화를 적용한다. 본 논문에서

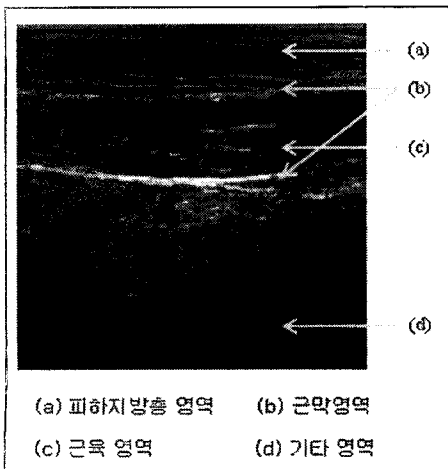


그림 3. 초음파 영상의 영역별 부위

제안한 근막 후보 영역 검출 과정은 그림 4와 같다.

초음파 영상에서 근막 영역을 부각시키기 위하여 어두운 영역에 존재하는 회거나 회색의 근막 영역을 향상시키는데 적합한 음화 변환을 적용한다[7].

$$g(x,y) = G_{max} - f(x,y) \tag{1}$$

음화 변환은 식 (1)과 같고 G_{max} 는 최대 명암도를 의미하며 $f(x, y)$ 는 입력 영상의 픽셀 값, $g(x, y)$ 는 출력 영상의 픽셀 값이다. 음화 변환을 적용시킨 초음파 영상에 히스토그램 처리 기법 중에 개선된 히스토그램 스트레칭인 End-In 탐색 기법과 Multiple 연산을 수행하여 대비 차를 향상시킨다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & ,for\ f(x,y) \leq L \\ \frac{f(x,y)-L}{H-L} \times 255 & ,for\ L < f(x,y) < H \\ 255 & ,for\ H \leq f(x,y) \end{cases} \tag{2}$$

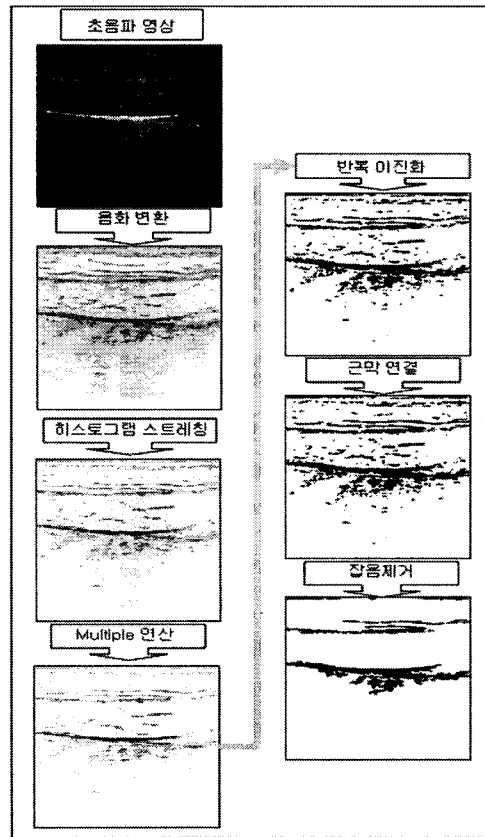


그림 4. 근막 후보 영역 검출 과정

$$L = j, \text{ if } \left(\sum_{i=0}^j \frac{n_i}{n} > 0, j = 0, 1, \dots, G_{\max} \right)$$

$$H = j, \text{ if } \left(\sum_{i=0}^j \frac{n_i}{n} \geq 0.5, j = 0, 1, \dots, G_{\max} \right) \quad (3)$$

End-In 탐색 기법은 식 (2)와 (3)과 같이 계산하며 식 (3)에서 $\sum_{i=0}^j \frac{n_i}{n}$ 는 i 번째부터 j 번째 명암도의 정규화된 누적 분포도를 나타내며 End-In 탐색 기법에 적용된 스트레칭 구간인 Low 값은 최저 명암도 값으로 High 값은 전체 명암도 누적 분포의 50%에 해당하는 중간값으로 설정하여 명암도가 중간값 이상의 근막 영역이 아닌 비 관심 영역을 제거하고 근막과 유사한 명암 분포를 가지는 잡음과의 대비 차를 향상시킨다.

End-In 탐색 기법을 수행하여 대비 차를 향상시켰으나 근막 영역과 잡음 영역의 명암도가 유사한 부분이 있기 때문에 식 (4)와 같은 Multiple 연산을 적용한다.

$$g(x, y) = f(x, y) \times C \quad (4)$$

Multiple 연산에 사용된 상수 계수 C는 실험을 기반으로 1.2로 설정하였다. 전처리 과정을 거쳐 대비 개선을 한 영상에 대해 근막 후보 영역을 검출하기 위해 반복 이진화를 적용한다.

근막 내부 영역을 검출하기 위해 전처리 과정에서 상대적으로 높은 명암도를 가지는 근막 영역과 잡음에 의해 손실된 근막 영역을 연결한다. 따라서 본 논문에서는 근막 영역의 연결을 위해 라벨링 기법[8]을 적용하며 각 객체의 상 하, 좌 우의 좌표 값을 계산하여 연결 조건으로 사용한다. 근막은 초음파 영상에서 횡으로 길게 나타나기 때문에 이러한 특징을 이용하여 라벨링 된 객체들에 근접해 있는 두 좌표 값을 타원 방정식을 적용하여 타원 안에 포함되면 연결한다. 타원 방정식은 식(6)과 같다.

$$\frac{(x-m)^2}{a^2} + \frac{(y-n)^2}{b^2} = 1 \quad (5)$$

식(5)의 a와 b는 타원의 장축과 단축이며 각 라벨링된 객체의 가로축과 세로축의 길이로 설정한다. m과 n은 각각 객체의 상 하, 좌 우의 좌표 값으로 설정한다.

그림 5는 근접해 있는 한 객체의 좌표 값이 설정된 타원 방정식의 내부에 다른 객체의 좌표 값이 포함될

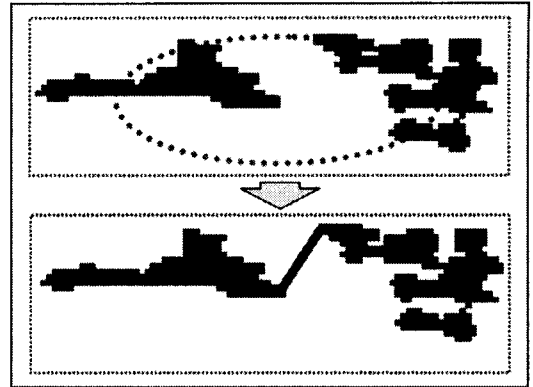


그림 5. 근막 후보 영역 연결 과정

때 연결하는 과정을 나타낸 것이다. 근막 영역의 연결 과정에서 근막과 유사한 명암도를 가지는 잡음 영역은 연결한 후, 대각선 길이가 임계치 이하인 경우에는 잡음 영역으로 간주하고 제거한다. 임계치는 실험에 의해 200으로 설정하였다.

3.3 근육 영역 검출

제안된 근막 영역 검출 방법은 개선된 히스토그램 스트레칭과 Multiple 연산으로 대비 차를 향상시키고 반복 이진화 기법을 적용한 후, 손실된 근막 영역을 라벨링 기법을 적용하여 연결한다.

근막 영역 검출 시 초음파 영상의 근막 특징이 현저히 낮을 경우에는 정확한 근육 영역을 검출할 수 없으므로 피하지방층과 기타 영역을 검출하여 근막 영역과 구분한 후에 근육 영역을 검출한다.

제한한 근육 영역의 검출 과정은 초음파 영상에서 피하지방층과 기타 영역이 상대적으로 어두운 명암 분포도를 가지기 때문에 원 영상에서 히스토그램 스트레칭에서 구한 중간값을 이용하여 이진화하고 피하지방층의 후보 영역과 기타 영역의 후보 영역을 검출한다. 검출된 후보 영역의 크기 정보와 위치 정보를 이용하여 피하지방층과 기타 영역을 추출한다.

추출된 피하지방층과 기타 영역 그리고 근막 영역에 대해 OR 연산을 적용하여 최종적으로 근육 영역을 검출하고 실제 크기를 계산하기 위한 눈금 길이 정보를 이용하여 근육의 두께를 계산한다.

그림 6은 초음파 영상에서 피하지방층과 기타 영역을 검출한 후에 근막 영역과 OR 연산을 적용하여 근육 영역을 검출하는 과정이다.

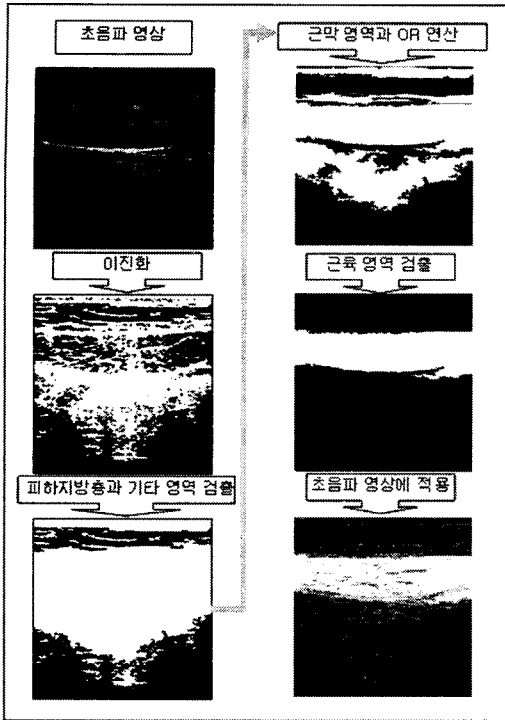


그림 6. 근육 영역 검출 과정

4. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 Intel Pentium-IV 2.4GHz CPU와 512MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++ 6.0으로 구현하였다. 실험에 적용된 초음파 영상은 사람의 복부를 이동식 초음파 기계로 횡단 촬영한 640 * 480 크기를 가진 영상을 대상으로 하였다.

본 논문에서 적용한 초음파 영상은 근골격계 검사 시 사람의 육안으로 인지하고 진단하기 위해 근육 영역을 검출하는 것을 목적으로 하였고 실험 결과에서는 제안된 방법에 의해 검출된 근육 영역과 전문가가 분석한 근육 영역을 비교 분석하고 검출된 근육 영역의 최대 두께를 계산하였다. 그림 7은 사람의 복부를 촬영한 초음파 영상 5 종류에 대해 전문가가 육안으로 분석한 근육 영역과 제안된 근육 영역 검출 방법 간의 검출 결과를 나타내었다. 표 1은 각 초음파 영상에서 검출된 근육 영역의 최대 두께를 근육 영역의 화소 수를 이용하여 실제 거리를 계산한 값으로 나타내었다.

전문가가 분석한 결과, 제안된 근육 영역 검출 방법이 근막 영역의 특징이 현저히 낮은 5번 영상을

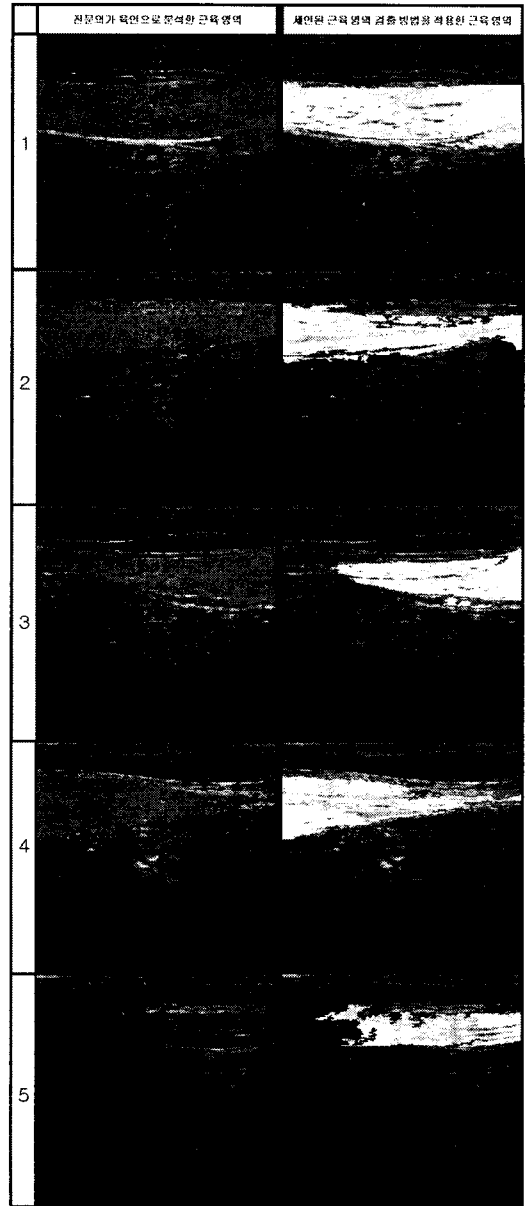


그림 7. 전문가가 분석한 근육 영역과 검출된 근육 영역간의 비교

제외하고는 모든 영상에서 검출된 근육 영역이 전문가가 분석한 근육 영역과 근접하게 검출된 것을 확인하였다.

표 1. 근육 영역 두께

영상 번호	1	2	3	4	5
최대크기(cm)	1.07	0.92	1.01	1.11	0.57

5. 결 론

본 논문에서는 초음파 영상에서 근육 영역을 검출하기 위해 피하지방층과 기타 영역 그리고 근육을 둘러싸고 있는 근막 후보 영역을 검출한 후, 위치 정보와 형태학적 특징을 이용하여 최종적으로 근막의 내부 영역인 근육 영역을 검출하였다. 근막을 검출하기 위하여 개선된 히스토그램 스트레칭과 Multiple 연산을 적용하여 영상의 대비 차를 향상시킨 후에 반복 이진화 기법을 적용하여 근막의 후보 영역을 검출하였다. 근막 내부 영역을 검출하기 위하여 상대적으로 높은 명암도를 가지는 근막 영역과 잡음에 의해 손실된 근막 영역을 라벨링 기법을 적용하여 연결하였다. 근육 영역이 아닌 피하지방층과 기타 영역을 히스토그램 스트레칭에서 구한 중간값을 적용하여 이진화한 후에 근막 영역의 위치 정보와 형태학적 특징을 함께 적용하여 근육 영역을 검출하였다. 실제 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 근육 영역이 모두 검출되었다. 그러나 실험에서 알 수 있듯이 초음파 영상에서 근막 영역의 경계가 잘 나타나지 않는 경우에는 근육 영역이 정확히 검출되지 않았다.

향후 연구 과제로는 초음파 영상에서 복부뿐 만 아니라 다른 부위의 초음파 영상에 대해서도 분석하여 근육뿐만 아니라 건, 인대에 대한 영역도 검출할 수 있도록 개선할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] F. W. Kremkau, *Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments*, Philadelphia, PA: Saunders, 2002.
- [2] M. T. Van Holsbeda and J. H. Introcas, *Musculoskeletal Ultrasound*, Philadelphia, PA: Mosby Press, 2001.
- [3] J. A. Hides, T. Miokovic, D. L. Belavy, W. R. Staqnton, C. A. Richardson, "Ultrasound Imaging Assessment 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.
- [4] J. A. Hides, C. A. Richardson, G. A. Jull, "Use of real-time ultrasound imaging for feedback in rehabilitation," *Manual Therapy*, Vol.3, No.3, pp. 125-131, 1998.
- [5] 심현선, 초음파 영상학, 정문각, 2007.
- [6] J. L. Leung, J. F. Griffith, "Sonography of Chronic Achilles Tendinopathy: a case-control study," *Journal of Clinical Ultrasound*, Vol.36, No.1, pp. 27-32, 2008.
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing-Third Edition*, Prentice Hall, 2008.
- [8] 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.



김 광 백

1999년 부산대학교 전자계산학과(이학박사)
 1996년~1997년 동의공업대학 사
 무자동화과 전임강사
 1997년~현재 신라대학교 컴퓨터
 정보공학부 교수

1999년~2000년 Biomedical Fuzzy Systems Association Associate Editors (Japan)
 2005년~현재 한국멀티미디어학회 이사 및 논문지 편집 위원
 2005년~현재 한국해양정보통신학회 이사 및 논문지 편집 부위원장
 관심분야 : Fuzzy Neural Networks, Medical Image Processing, Support Vector Machines, Medical Informatics and Biomedical System.