

초음파 영상에서 다열근 추출

김 광 백*, 신 상 호**

Extraction of Lumbar Multifidus Muscle using Ultrasound Imaging

Kwang-Baek Kim*, Sang-Ho Shin**

요 약

본 논문에서는 요부 영상에서 근육을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 왜곡이 존재하지 않는 영역을 측정할 근육 영역으로 설정한 후, 초기 초음파 영상에서 불필요한 잡음을 제거하고 Ends-in Search Stretching 기법을 적용하여 근육 영역의 명암 대비를 강조한다. 그리고 형태학적 특징을 이용하여 등뼈 영역과 피하지방을 분리한 후, 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 피하지방의 하단 부분을 추출한다. 또한 최대 및 최소 명암도를 조정하여 얻어진 등뼈의 후보 영역에서 형태학적 특징을 이용하여 잡음을 제거하고 최종적으로 등뼈 영역을 추출한다. 추출된 등뼈 영역을 기반으로 피하지방층과 등뼈 사이를 근육의 두께로 측정한다. 본 연구에서 제안된 방법을 368개의 요부 초음파 영상에 적용하여 근육 영역을 추출한 결과, 제안된 방법이 초음파 영상에서 근육 영역들의 두께를 측정하는데 기존의 근육 측정 방법보다 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

▶ Keyword : 요부 영상, 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘, 등뼈 영역, 피하지방층

Abstract

In this paper, we propose a new method for extracting muscles from lumbar images. The proposed method sets areas without distortions with field expert's assistance as areas of measuring interest and removing noises from initial ultrasonic videos. Then, the method emphasizes the brightness contrast with Ends-in search stretching algorithm and separate thoracic vertebra from subcutaneous fat area using morphological characteristics. 4-directions contour tracing algorithm is applied to extract the bottom of subcutaneous fat area. Extracting thoracic vertebra area requires noise removal and morphological characteristics as well among candidate areas obtained by controlling min-max brightness. The thickness of muscles is then defined as the length between subcutaneous fat area and extracted thoracic vertebra. The experiment which consists of 368 image analysis verifies that the proposed method is more effective in measuring the thickness of muscles than before.

▶ Keyword : Lumbar images, 4-directions contour tracing algorithm, Vertebra area, Subcutaneous fat area

• 제1저자, 교신저자 : 김광백

• 투고일 : 2011. 01. 05, 심사일 : 2011. 01. 17, 게재확정일 : 2011. 01. 20.

* 신라대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science, Silla University)

** (주)토탈소프트뱅크 의공학연구소(Bio-medical Engineering Institute, TOTAL SOFT BANK LTD.)

1. 서론

요통은 가장 빈번하게 발생하는 근골격계 증상 중의 하나이며 사회적으로나 개인에게 막대한 경제적 손실을 야기하는 증상이다. 최근 요부 안정화 운동이 요통치료 및 예방적 차원에서 많이 이용되고 있으며 외국의 다양한 임상연구에서 그 효과가 보고되고 있다[1,2,3]. 이러한 치료/예방 프로그램을 평가하거나 수행하기 위하여 관련 근육들에 대한 평가가 이루어져야 한다. 관련된 근육들의 기능이나 특성에 대한 문제를 정확히 찾아 내지 못하면 효과적인 치료가 되지 못하기 때문이다. 따라서 임상에서나 연구 전략에서 치료가 추구하고 있는 구체적인 기능에 대하여 신뢰할 수 있고, 정확하고, 의미 있는 정보를 제공하기 위해 근육을 측정하는 것이 매우 중요하다. 특히 요부 근육들의 조절 및 협응에 대한 측정은 매우 도전적이며, 환자의 기능 회복과 밀접한 연관성이 있다[4].

최근 요부안정화에 중요한 역할을 하는 근육으로 다열근이 강조되고 있으며, 요통환자에 있어서 다열근의 활성화 패턴과 형태학적으로 정상 근육과의 차이가 보고되고 있다[5,6]. 전통적으로 우리의 일상생활 동작에서 이루어지는 기능적인 활동에서 근육이 어떻게 사용되는지를 분석하는 방법으로 근력과 근지구력을 측정하는 간접적인 방법을 사용하고 있다. 이러한 문제점의 보완으로 실질적인 근육들에 대한 측정을 할 수 있는 초음파 영상이 이용되기 시작하였으며 최근에는 외국에서 재활 초음파 영상으로서 그 사용이 급속히 보편화 되고 있는 추세이다[7].

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 중에서 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.

이러한 장점으로 인해 대부분의 의료 분야에서 환자의 상태나 치료 효과에 대한 검사를 위하여 활용된다. 그러나 초음파 영상은 측정하는 전문의의 장비 조작의 숙련된 기술과 전문성에 따라 얻어지는 영상의 질과 결과가 달라지며, 육안으로 판단하기 때문에 측정자의 주관이 개입될 수 있어 오차가 발생한다[8].

기존의 요부의 근육 추출 방법은 객체들의 형태학적 정보를 이용하여 등뼈와 피하지방을 구분하고 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 피하지방의 하단 부분과 등뼈 영역의 상단 부분의 경계선을 추출하여 근육 두께를 측정하였다[9]. 그

러나 기존의 방법은 요부 초음파 영상에서 등뼈의 경계선과 피하지방의 경계선이 정확히 추출되지 않아 근육 영역을 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 그 원인은 피하지방층의 근막이 희미하게 도출된 경우와 등뼈 영역이 잡음과 함께 제거되는 경우가 발생하여 요부의 근육을 추출할 수 없는 경우이다.

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 요부 초음파 영상에서 근육 영역을 추출하고 분석하는 방법을 제안한다.

II. 제안된 요부 근육 영역 추출

요부 초음파 영상에서 근육 영역을 추출하기 위하여 피하지방층의 하단 근막 경계선과 등뼈의 내부 경계선 및 등뼈를 추출한다. 추출된 3가지 정보를 이용하여 피하지방층과 등뼈 사이의 영역을 요부의 근육 영역으로 추출한다[10]. 요부 초음파 영상의 구성은 그림 1과 같다.

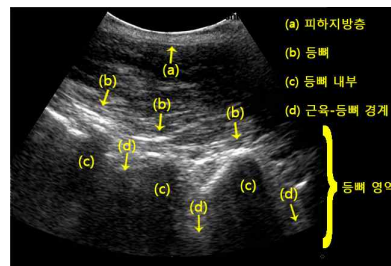


그림 1. 요부 초음파 영상 구조
Fig. 1. The Structure of Ultrasonic Lumbar Image

요부 초음파 영상에서 피하지방층과 등뼈 영역의 경계선을 뚜렷하게 구분하기 위하여 Ends-In Search Stretching 기법을 적용한 후, 반복 이진화 방법을 적용한다. 이진화된 영상은 그림 2와 같다.

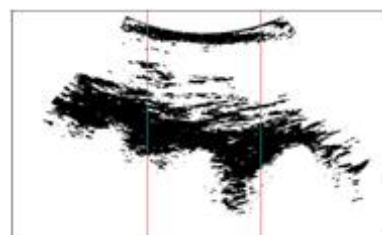


그림 2. 이진화된 요부 초음파 영상
Fig. 2. Binarized Ultrasonic Lumbar Image

이진화된 영상에서 요부 근육을 추출하기 위해서 형태학적 특징을 이용하여 피하지방층의 하단 경계선을 추출한다. 기존의 방법은 그림 3과 같이 이진화된 영상만을 이용하여 피하지방층의 하단 경계선을 추출하기 때문에 피하지방층의 정보가 손실되는 문제점이 있다.

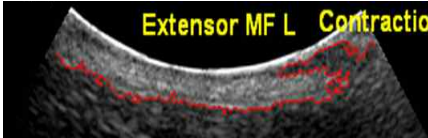


그림 3. 기존의 방법으로 추출한 근막 경계
Fig. 3. Boundaries of Fascia by Previous Method

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 피하지방층 경계를 따라 호를 설정한다.

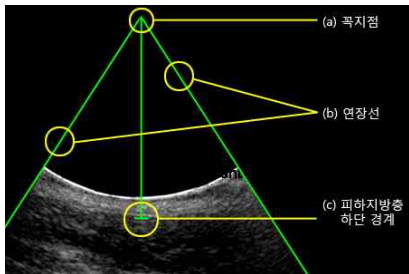
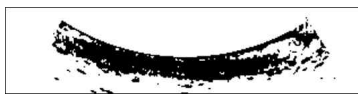
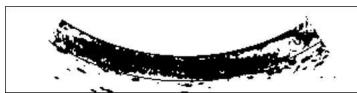


그림 4. 피하지방층의 호 설정 과정
Fig. 4. The Process of Arc in Subcutaneous Fat Area

그림 4와 같이 초음파 요부 영상의 좌우 경계선이 만나는 하나의 꼭짓점 (a)를 구한 후, 꼭짓점 (a)와 피하지방층 하단 경계 지점(c)점까지의 길이를 이용하여 초음파 영상의 좌측 끝과 우측 끝을 연결하는 호를 설정한다. 그림 5는 기존의 방법[9]에서 피하지방층을 추출한 결과와 제안된 피하지방층을 추출한 결과를 비교한 것이다.



(a) 기존의 방법의 피하지방층 추출 결과
(a) Extracting Subcutaneous Fat Area by Previous Method



(b) 제안된 방법의 피하지방층 추출 결과
(b) Extracting Subcutaneous Fat Area by Proposed Method

그림 5. 피하지방층 추출 결과 비교
Fig. 5. Comparing Methods in Extracting Subcutaneous Fat Area

제안된 방법에 의해 추출된 피하지방층을 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 객체의 좌측 끝과 우측 끝을 연결하는 하단 경계선을 추출한다. 피하지방층의 하단 경계선이 추출된 결과는 그림 6과 같다.

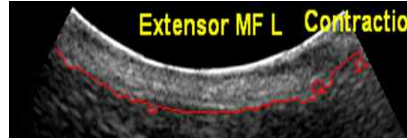
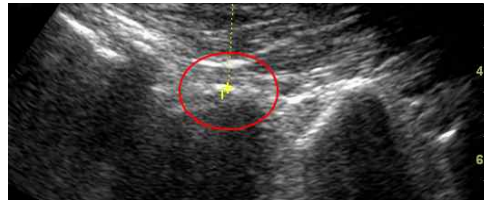
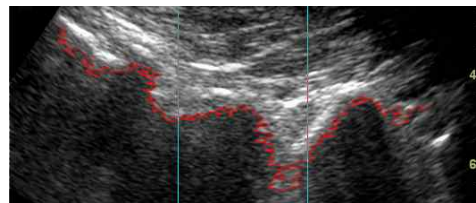


그림 6. 제안된 방법에 의한 피하지방층 하단 경계 추출 결과
Fig. 6. Result of Extracting Bottom Boundary of Subcutaneous Fat Area by Proposed Method

실제 전문가가 근육의 두께를 측정할 때는 그림 7의 (a)와 같이 등뼈를 기준으로 측정한다. 그러나 기존의 방법[9]은 그림 7(b)와 같이 등뼈 내부의 경계선을 기준으로 요부의 근육 영역을 추출한 후에 근육의 두께를 측정하므로 정확성이 낮아지는 문제점이 있다.



(a) 전문의의 근육 두께 측정 기준의 위치
(a) Medical Expert's Measuring Muscle Thickness Position



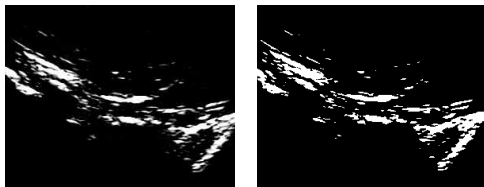
(b) 기존 근육 추출 방법의 등뼈 경계선
(b) Boundary of Thoracic Vertebra in Previous Extracting Method

그림 7. 전문가와 기존 방법 간의 근육 두께 측정 비교
Fig. 7. Comparing Human Medical Expert and Previous Method in Measuring The Thickness of The Muscle

따라서 본 논문에서는 최소 명암도와 최대 명암도를 이용한 Ends-In Search Stretching 기법을 적용한다.

$$\begin{aligned}
 &Max = j \\
 &if \left(\sum_{i=j}^{j+9} H_i > 300 \right) \text{ where } j = 250, 240, 230, \dots, 0 \\
 &Min = k \\
 &if \left(\sum_{i=k}^{k+9} H_i < 2000 \right) \text{ where } k = 0, 10, 20, \dots, 250 \\
 &\dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

최대 명암도와 최소 명암도는 식(1)을 적용하여 구한다. 식(1)에서 Max와 Min은 각각 최대 명암도와 최소 명암도이다. 식(1)을 이용하여 최대 명암도와 최소 명암도를 구한 후, Ends-In Search Stretching 기법을 적용하여 등뼈 영역을 제외한 비 관심 영역을 제거하고, 반복 이진화 방법을 적용하여 등뼈의 후보 영역을 추출한다. Ends-In Search Stretching 기법[11]과 반복 이진화 방법을 적용하여 등뼈의 후보 영역을 추출한 결과는 그림 8과 같다.



(a) Ends-In Search Stretching 적용
(b) 반복 이진화 적용
(a) Applying Ends-In Search Stretching
(b) Applying Repetitive Binarization

그림 8. 등뼈의 후보 영역 추출 과정
Fig. 8. The process of Extracting Candidates of Thoracic Vertebra

추출된 등뼈의 후보 영역에서 8 방향 윤곽선 추출 알고리즘을 적용하여 개별 객체를 추출한 후, 객체의 크기가 10 픽셀보다 작을 경우에는 잡음으로 간주하여 제거한다. 요부 영상에서 등뼈 영역은 등뼈 영역의 내부 경계선 주위에 존재하기 때문에 등뼈 내부 경계선을 기준으로 20 픽셀 내부에 존재하는 객체를 최종 등뼈 영역으로 추출한다. 최종적으로 추출된 등뼈 영역은 그림 9와 같다.

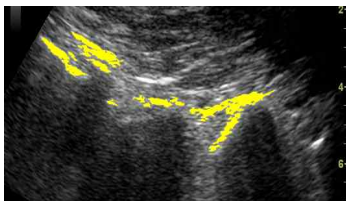
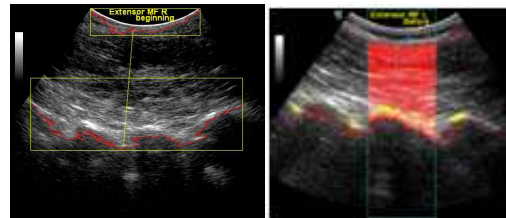


그림 9. 최종 추출된 등뼈 영역
Fig. 9. Extracting Result of Thoracic Vertebra

III. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 초음파 영상에서 근육 영역의 두께 측정하기 위해 532X434 크기의 Convex 형태인 DICOM 파일을 사용하였으며, 일반인 남성 27명의 요부 영상 368장을 대상으로 실험하였다.

그림 10의 (a)와 (b)와 같이 기존의 방법[9]과 제안된 방법을 요부 근육 추출에 적용한 결과, 피하지방층의 하단 경계선과 등뼈 영역의 경계선은 모두 추출되었다. 그러나 기존의 방법에서는 등뼈 영역이 정확하게 추출되지 않아 근육의 두께를 정확하게 측정할 수 없었다. 그러나 제안된 요부 근육 추출 방법은 최소, 최대 명암도를 조정하여 그림 10의 (b)와 같이 등뼈 영역을 추출하였으므로 요부 영상에서 근육의 두께를 효과적으로 측정할 수 있다.



(a) 기존의 방법
(b) 제안된 방법
(a) Previous Method
(b) Proposed Method

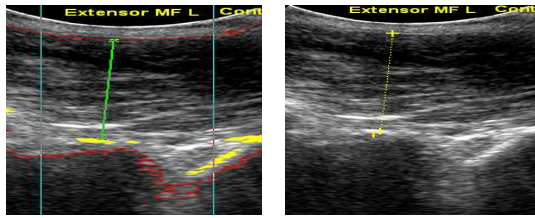
그림 10. 기존의 방법과 제안된 방법의 비교
Fig. 10. Comparing Result between Two Methods

표 1은 요부 초음파 영상에서 제안된 방법을 적용하여 근육 영역을 추출한 결과에 대해 물리치료가 분석한 결과를 나타낸 것이다. 표 1에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제시한 방법이 요부의 근육 영역을 효과적으로 추출하는 것을 확인할 수 있다.

표 1. 요부 근육 추출 결과
Table 1. Result of the Muscle Extraction in Lumbar
(추출 성공 / 실험 영상 수)

	피하지방층 추출 성공률	등뼈 영역 추출 성공률	근육 추출 성공률
제안된 방법	316 / 368 (85.7%)	350 / 368 (95.1%)	310 / 368 (84.2%)

그림 11은 제안된 요부 근육 측정 방법과 전문가가 측정하는 방법을 나타내었다.



(a) 제안된 방법의 결과 (a) Result of Proposed Method
 (b) 전문의 결과 (b) Result from Human Medical Expert

그림 11. 제안된 방법과 전문가 측정하는 방법
 Fig 11. Comparing Human Expert with the Result of Proposed Method

표 2는 요부 초음파 영상에 대해 제안된 근육 두께 측정 방법과 전문의가 근육 두께를 측정하는 방법 간의 오차를 나타내었다.

표 2. 요부 근육 오차 범위(단위, 장)
 Table 2. Measuring error interval in lumbar muscles

	0.02Cm 이하	0.04Cm 이하	0.06Cm 이하	0.06Cm 이상
제안된 방법	148/374 (39.6%)	143/374 (38.2%)	60 / 374 (16.0%)	23 / 374 (6.1%)

IV. 결론

본 논문에서는 재활분야의 초음파 영상 진단을 자동화하기 위해 요부 초음파 영상에 존재하는 근육을 추출하고 근육의 두께를 측정하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 초음파 영상에서 왜곡이 존재 하지 않는 근육 영역을 측정하기 위해 전문의가 측정할 영역을 선택하도록 하였다. 제안된 방법은 요부 초음파 영상에서 피하지방층과 등뼈 영역을 각각 분리한 후, 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 피하지방층의 하단 부분을 추출하였다. 그리고 최대, 최소 명암도와 Ends-in Search Stretching 기법을 적용하여 등뼈의 후보 영역을 추출한 후, 요부의 형태학적 특징을 이용하여 최종 등뼈 영역을 추출하고, 근육의 두께를 측정하였다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 요부의 근육 영역 추출에서 기존의 방법보다 제안된 요부 추출 방법이 비교적 정확히 요부의 근육 영역이 추출되었고 근육의 두께도 전문의와 비교하여 근접하게 측정된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 제안된 요부 근육 추출 및 측정 방법이 초음파 근육 영상 분석에 객관적인 자료를 제시하는데 유용하게 적용할 수 있는 것을 전

문의를 통해서 확인하였다.

참고문헌

- [1] G. A. Koumantakis, P. J. Watson, J. A. Oldham, "Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain," *Physical Therapy*, Vol. 85, pp. 209-215, 2005.
- [2] H. Tsao, P. W. Hodges, "Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain," *Journal of Electromyography & Kinesiology*, Vol. 18, pp. 559-569, 2008.
- [3] J. A. Hides, C. A. Richardson, G. A. Jul, "Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain," *Spine*, Vol. 21, pp. 2763-2769, 1996.
- [4] D. S. Teyhen, "Rehabilitative ultrasound imaging: the roadmap ahead," *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, Vol. 37, pp. 431-433, 2007.
- [5] K. L. Barker, D. R. Shamley, D. Jackson, "Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain: the relationship to pain and disability," *Spine*, Vol. 29, pp. 515-519, 2004.
- [6] K. B. Kiesel, T. L. UHL, F. B. Underwood, D. W. Rodd, A. J. Nit, "Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging," *Manual Therapy*, Vol. 12, pp. 161-166, 2007.
- [7] J. L. Whittaker, *Ultrasound Imaging for Rehabilitation of the Lumbopelvic Region*, Churchill Livingstone, 2007.
- [8] F. W. Kremkau, *Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments*, Philadelphia, PA:Saunders, 2002.
- [9] D. S. Jang, J. K. Kim, K. B. Kim, "Analysis of Muscle Areas form Ultrasonographic Images using Morphological Features and Fascial Information," *Proceedings of KIIS Autumn Conference*, pp. 402-408, 2009.

- [10] M. T. Van Holsbeda, J. H. Introcas, Musculoskeletal Ultrasound, Philadelphia, PA: Mosby Press, 2001.
- [11] K. B. Kim, "Extraction of Muscle Area from Ultrasonographic Images using Information of Fascia," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 11, No. 9, pp. 1296-1301, 2008.

저 자 소 개



김 광 백
1999 : 신라대학교
전자계산학과 이학박사.
현 재 : 신라대학교
컴퓨터공학과 교수.
현 재 : 한국해양정보통신학회
학술상임이사.
현 재 : Scientific Journals
International
Editor(USA).
관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처리, 유
전자 알고리즘, 의료정보
시스템, 생물정보학.
Email : gbkim@silla.ac.kr



신 상 호
1997 : 부경대학교
전자계산학과 학사.
2009 : (주)토탈소프트뱅크
물류시스템연구소 시뮬레이터
팀장.
현 재 : (주)토탈소프트뱅크
의공학연구소 소장.
관심분야 : 시뮬레이션, 로보틱스, 의
료기기 및 의료정보솔루
션, 항만건설링, 항만물류
솔루션
Email : shinsky@tsb.co.kr