

초음파 영상에서 다열근 측정

김준우[○], 이해정^{**}, 신상호^{***}, 김광백^{*}

[○]신라대학교 컴퓨터교육과

^{**}신라대학교 물리치료학과

^{***}(주)토탈소프트뱅크 의공학연구소

e-mail : kimdatagoon@gmail.com, hlee3652@hanmail.net, shinsky@tsb.co.kr, gbkim@silla.ac.kr

The quantitative assessment of lumbar multifidus using ultrasound imaging

Jun-Woo Kim[○], Hae-Jung Lee^{**}, Sang-Ho Shin^{***} and Kwang-Baek Kim^{*}

[○]Dept. of Computer Education, Silla University

^{**}Dept. of Physical Therapy, Silla University

^{***}Bio-medical Engineering Institute, Total Soft Bank LTD.

● 요 약 ●

본 논문에서는 요부 영상에서 근육을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 왜곡이 존재하지 않는 영역을 측정 할 근육 영역을 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 영역에 대해 피하지방층과 등뼈 사이를 근육의 두께로 측정한다.

본 연구에서 제안된 방법을 요부의 초음파 영상에 적용하여 근육 영역을 추출한 결과, 제안된 방법이 초음파 영상에서 근육 영역들의 두께를 측정하는데 기존의 근육 측정 방법보다 효과적인 것을 확인 할 수 있었다.

키워드: End-In Search Stretching, 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘

I. 서론

최근 요부안정화에 중요한 역할을 하는 근육으로 다열근이 강조되고 있으며, 요통환자에 있어서 다열근의 활성화 패턴과 형태학적으로 정상 근육과의 차이가 보고되고 있다[1][2]. 전통적으로 우리의 일상생활 동작에서 이루어지는 기능적인 활동에서 근육이 어떻게 사용되는 지는 근력과 근지구력을 측정하는 간접적인 방법을 택하였다. 이러한 문제점의 보완으로 실질적인 근육들에 대한 측정을 할 수 있는 초음파 영상이 이용되기 시작하였으며 최근 특히 외국에서 재활 초음파 영상으로서 그 사용이 급속히 보편화 되고 있는 추세이다[3].

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 직 후 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[4].

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 분석 및 측정 방법

2.1 요부 근육 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[5]. 요부 초음파 영상의 구성은 그림 1과 같다.

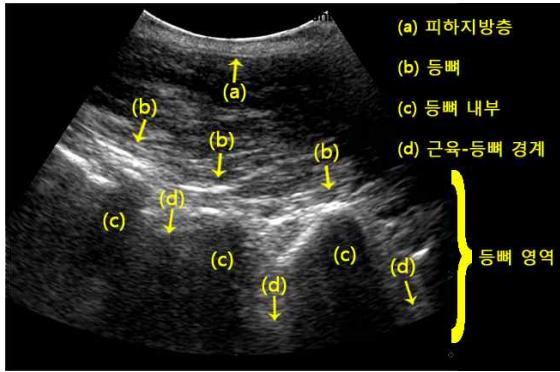


그림 1. 요부 초음파 영상의 구성

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

2.1.1 피하지방층 경계선 추출

이진화된 영상에서 요부 근육을 추출하기 위해서 형태학적 특징을 이용하여 피하지방층의 하단 경계선을 추출한다. 기존의 방법[6]은 이진화된 영상만을 이용하여 피하지방층의 하단 경계선을 추출하기 때문에 피하지방층의 정보가 손실되는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 피하지방층 경계를 따라 호를 설정한다.

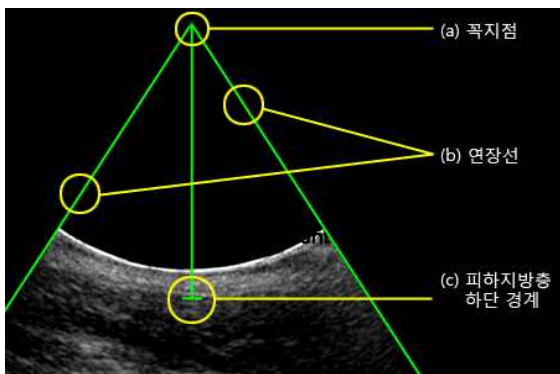
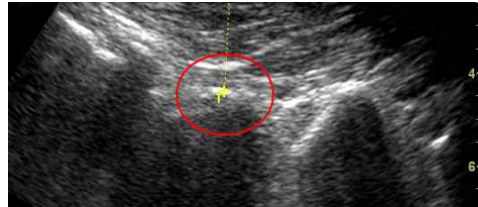


그림 2. 피하지방층의 호 설정 과정

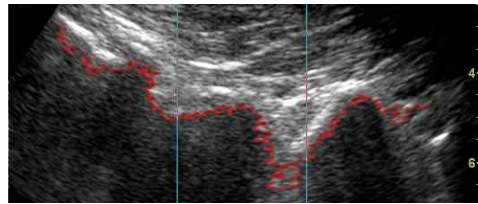
그림 2와 같이 초음파 요부 영상의 좌·우 경계선이 만나는 하나의 꼭짓점 (a)를 구한 후, 꼭짓점 (a)와 피하지방층 하단 경계 지점 (c)점까지의 길이를 이용하여 초음파 영상의 좌측 끝과 우측 끝을 연결하는 호를 설정한다. 제안된 방법에 의해 추출된 피하지방층을 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 객체의 좌측 끝과 우측 끝을 연결하는 하단 경계선을 추출한다.

2.2.2 등뼈 영역 경계선과 등뼈 추출

실제 전문의가 근육의 두께를 측정할 때는 그림 3의 (a)와 같이 등뼈를 기준으로 측정한다. 그러나 기존의 방법[6]은 그림 3(b)와 같이 등뼈 내부의 경계선을 기준으로 요부 근육 영역을 추출하여 근육의 두께를 정확하게 측정할 수 없는 문제점이 있다.



(a) 전문의의 근육 두께 측정 기준의 위치



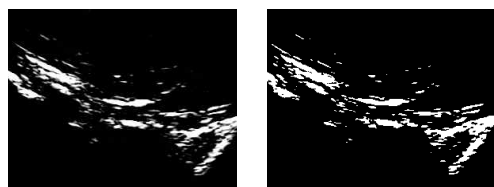
(b) 기존 근육 추출 방법의 등뼈 경계선

그림 3. 전문의와 기존 방법 간의 근육 두께 측정 비교

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

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

최대 명암도와 최소 명암도는 식(1)을 적용하여 구한다. 식(1)에서 Max와 Min은 각각 최대 명암도와 최소 명암도이다. 식(1)를 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 기법과 반복 이진화 방법을 적용하여 등뼈의 후보 영역을 추출한 결과는 그림 4와 같다.



(a) Ends-In Search Stretching 적용

(b) 반복 이진화 적용

그림 4. 등뼈의 후보 영역 추출 과정

추출된 등뼈의 후보 영역에서 8 방향 윤곽선 추출알고리즘을 적용하여 개별 객체를 추출한 후, 객체의 크기가 10 픽셀보다 작을 경우에는 잡음으로 간주하여 제거한다. 요부 영상에서 등뼈 영역은 등뼈 영역의 내부 경계선 주위 존재하기 때문에 등뼈 내부 경계선을 기준으로 20 픽셀 내부에 존재하는 객체를 최종 등뼈 영역으로 추출한다. 최종적으로 추출된 등뼈 영역은 그림 5와 같다.

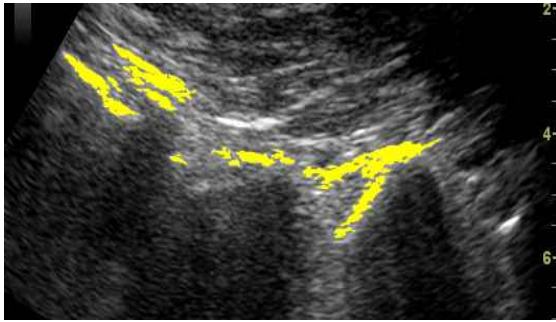
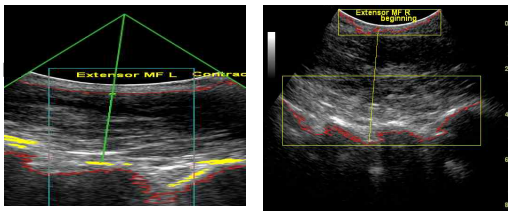


그림 5. 최종 추출된 등뼈 영역

2.1.3 요부 근육 측정

요부 근육을 측정하기 위해 그림 6의 (a)와 같이 초음파 영상의 좌우의 경계선이 만나는 하나의 꼭짓점을 설정하고, 꼭짓점과 추출된 피하지방층과 등뼈 영역까지를 근육 두께로 측정한다.



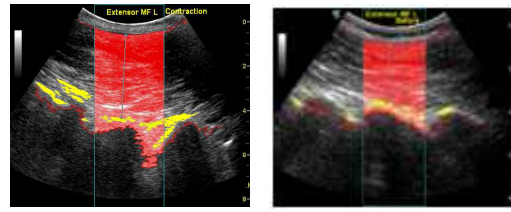
(a) 요부 근육 측정 과정 (b) 요부 근육 측정 결과

그림 6. 요부 근육 측정 과정 및 결과

III. 실험 및 결과분석

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 7의 (a)와 (b)와 같이 기존의 방법과 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 7의 (b)와 같이 등뼈 영역을 추출하였으므로 요부 영상에서 근육의 두께를 효과적으로 측정하였다.



(a) 기존의 방법 (b) 제안된 방법

그림 7. 기존의 방법과 제안된 방법의 비교

표 1은 요부 초음파 영상에서 제안된 방법을 적용하여 근육 영역을 추출한 결과를 나타낸 것이다. 표 2는 요부 초음파 영상에 대해 제안된 근육 두께 측정 방법과 전문의가 근육 두께를 측정하는 방법 간의 오차를 나타내었다.

표 1. 요부 근육 두께 측정 결과 (단위, 장)

(추출 성공 / 실험 영상 수)

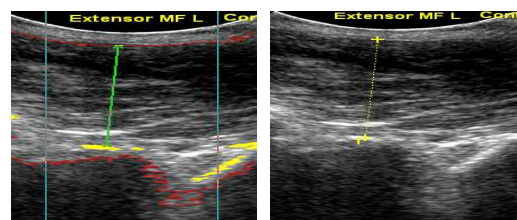
	피하지방층 추출 성공률	등뼈 영역 추출 성공률	근육 추출 성공률
제안된 방법	316 / 368 (85.7%)	350 / 368 (95.1%)	310 / 368 (84.2%)

표 2. 요부 근육 오차 범위 (단위, 장)

(추출 성공 / 실험 영상 수)

	0,02Cm 이하	0,04Cm 이하	0,06Cm 이하	0,06Cm 이상
제안된 방법	148/368 (40,2%)	143/368 (38,8%)	60 / 368 (16,3%)	23 / 368 (6,2%)

그림 8은 제안된 요부 근육 측정 방법과 전문의가 측정하는 방법을 나타내었다. 표 1과 2에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제시한 방법이 효과적으로 요부 근육을 측정하는 것을 확인할 수 있다.



(a) 제안된 요부 근육 측정 방법의 결과 (b) 전문의 측정 방법

그림 8. 제안된 방법과 전문가 측정하는 방법

IV. 결론 및 향후 연구 방향

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

제안된 방법은 초음파 영상의 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 Stretching를 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 요부 근육 영역이 추출되었고 근육의 두께도 전문의와 비교하여 근접하게 측정된 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Barker KL, Shamley DR, Jackson D. "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.
- [2] Kiesel KB, UHL TL, Underwood FB, Rodd DW, Nitz AJ. "Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging," Manual Therapy, Vol.12, pp.161-166, 2007.
- [3] Jackie L. Whittaker, Ultrasound Imageing for Rehabilitation of the Lumbopelvic Region, Churchill Livingstone, 2007.
- [4] Kremkau F. W, Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments, Philadelphia,PA:Saunders, 2002.
- [5] Van Holsbeda MT & Introcas JH, Musculoskeletal Ultrasound, Philadelphia,PA:MosbyPress, 2001.
- [6] 장대성, 김재군, 김광백, "형태학적 특징과 근막 정보를 이용한 초음파 영상의 근육 영역 분석", 한국지능정보 시스템 추계 학술대회 논문집, pp.402 -408, 2009.