

Body Fat Segmentation of Abdominal CT Image

Seokyoon Choi

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: May 17, 2019 Revised: June 27, 2019. Accepted: June 30, 2019

ABSTRACT

Obesity is increasing in our country due to lack of lifestyle and physical activity. Semi-automatic program is used in existing fat calculation program using computed tomography. Although methods for solving related problems have been proposed, this study proposes an algorithm using morphology operation and We want to solve the problem with a new method that has a simple procedure and a relatively small amount of computation. As a result of repetition of erosion and expansion Automatic fat mass calculation can be done in the future by using the developed partitioning result. By providing an accurate segmentation tool, it will be helpful to doctors and reduce the expense and inspection cost of retesting. through morphology operation, it was found that the problem was solved from the image. Automatic fat mass calculation can be done in the future by using the developed partitioning result. By providing an accurate segmentation tool, it will be helpful to doctors and reduce the expense and inspection cost of retesting.

Keywords: body fat, CT, morphology, subcutaneous fat

I . INTRODUCTION

비만은 우리나라도 산업의 발달로 인한 생활습관과 신체활동 부족 등으로 비만인구가 급증하고 있다. 비만은 남성의 경우 체지방률이 20% 이상, 여성의 경우 30% 이상일 경우로 정의하고 있으며, 같은 정도의 비만수치일지라도 지방의 분포와 종류에 따라 질병의 유병률도 다르게 나타난다. 특히 복부의 지방 축적은 심혈관계 질환, 뇌졸중, 당뇨병 발생 위험과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 우리나라 성인 남성의 경우 전체의 25.2%, 성인 여성의 경우 29.4%가 비만이며, 비만여성 중 44.1%가 복부비만으로 판정되었고^[1-3] 특히 45세에서 64세 여성의 경우 61.4%가 복부비만인 것으로 나타나 중년여성의 복부 비만이 심각한 수준인 것으로 나타났다. 복부지방은 피하지방 조직과 내장 지방 조직으로 나뉘지게 되는데 현재까지 보고되고 있는 많은 연구에서 피하복부 비만 중 내장지방의 과

다한 축적이 있는 경우 당대사 뿐 아니라 혈중 중성지방 증가, 고밀도 지단백 콜레스테롤 저하 등의 이상지질혈증도 초래하는 것으로 알려져 있고 심혈관 질환의 독립적인 위험인자이면서 대사증후군 발생에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.^[4-5]

이러한 복부 내 지방의 분포를 알기 위한 쉽고 간편하게 측정할 수 있는 연구들은 계속되어왔다. BMI검사, 지질대사 지표 분석, 등이 있고 전산화단층영상을 이용한 방법이 있다. 전산화단층영상을 이용해 지방량을 측정하는 방법에서 반자동방식의 프로그램을 사용 시 체지방과 복부지방의 경계를 의사가 손으로 직접 분할하고 경계를 기준으로 지방의 비율을 자동으로 계산하게 된다. 관련 문제를 해결하기 위한 방법들이^[6] 제시되고 있으나 본 연구에서는 모폴로지 연산을 이용한 알고리즘 절차가 간단하고 계산량이 적은 새로운 방법으로 문제를 해결하고자 한다. 본 연구에서는 자동으로 체지방 계산을 시도하고 환자에게 정확한 지방의 정보

를 제공을 위한 영상분할을 완성하고자 한다.

II. MATERIALS AND METHODS

1. Image Aquisition

전산화단층촬영장치(TOSHIBA, Tokyo, Japan)로부터 획득되어진 복부 영상을 실험을 위하여 사용하였다. 전산화단층촬영장치 검사 옵션은 Normal-CT이고 이때 획득되어진 영상의 조건은 슬라이스 두께 7.0 mm, 120 kVp, 150 mA의 조건이다. 후처리 과정에서 필터로 FC01를 사용하였다. 프로그램 개발은 PC (Intel® Core 2Duo CPU @ 2.93Ghz, 1.96GB RAM)와 소프트웨어(MATLAB R2008b, Massachusetts, U.S.A.)를 기반으로 개발하였다.

2. FAT Calculation ALGORITHM

2.1 연산과정

복부 피하지방량을 자동 계산하기 위하여 Fig. 1의 과정으로 진행하였다. 획득된 전산화단층상으로부터 메디언 필터를 적용하고, 모폴로지 연산을 수행한다. 모폴로지 연산을 위해서 확장과 침식 연산법을 적용하여 최종 경계지역을 획득하였다. 다음 경계로부터 좌표를 획득하여 전체 픽셀의 분포와 피하지방의 픽셀의 분포를 정량적으로 획득하였고 정량적 픽셀 분포로부터 복부 지방율을 계산하였다.

2.2 전처리과정

메디언 필터의 연산방법은 입력 영상에서 필터 윈도우에 포함되는 화소의 크기를 비교한 뒤 오름차순으로 정리하고, 그 중간에서 중간 순위에 해당하는 값을 출력 화소로 결정한다. 영상 한 가운데에 임펄스 잡음이 있다면 제거된다. 입력영상에 대해서 정렬을 한 뒤에 그 중간 값으로 재 할당해서 모든 픽셀에 대해서 연산을 한 후에 잡음제거를 끝내게 된다. 전산화단층영상에서 각각 다른 조직들은 항상 각각의 텍스처를 갖고 지방과 근육의 경계, 피질과의 경계는 명확하지 않다. 복부 영상에서 지방질과 근육 피질과의 관계는 조영제를 사용해서 대조도를 향상시킬 수 없기 때문에 각 조직을 자동으로 구분하는 것은 매우 어렵다. 따라서 콘트

라스트를 스트레칭하고 영상의 경계가 일정하지 않거나 단절되어 있을 시 이를 일정하게 연결할 때는 형태학의 처리를 적용한다. 이때 침식처리 연산과 팽창연산을 반복적으로 수행해서 목적에 부합하는 결과를 얻게 된다. 침식연산은 다음과 같이 A와 B는 화소의 집합일때 B로 A를 침식시키면 다음의 식과 같다.^[7-8] A와 B를 화소의 집합이라고 했을 때, 형태소 B로 A를 팽창한 식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$A \ominus B = \omega : B_\omega \subseteq A \quad (1)$$

$$A \oplus B = \bigcup_{W \in B} A_W \quad (2)$$

$$A \oplus B = \{(a,b) + (u,v) : (a,b) \in A, (u,v) \in B\} \quad (3)$$

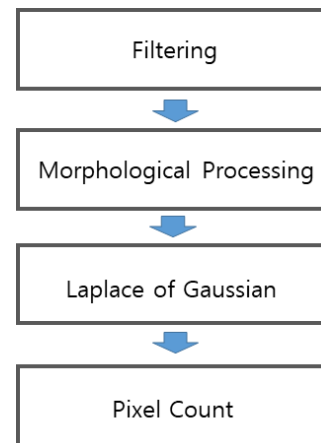


Fig. 1. Flow chart of fat segmentation program

2.3 경계선 검출

경계선 검출은 영상처리 문제에서 매우 유용하게 쓰일 수 있다. 경계정보는 실험 목적영상의 정량적 분석에 반드시 필요한 단계로서 본 연구에서는 LoG(Laplace of Gaussian)을 사용한다. LoG는 가우지안 스무딩을 수행하여 잡음제거 과정을 거친 뒤에 이를 강조하려고 라플라시안을 이용한 것이다.

$$LoG(x,y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2} \right] - e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

Eq. (4)의 LoG 함수 필터의 합이 0이며, 최대값이 커져 경사가 급격한 에지를 검출하는 특징을 가지고 있다. 수행하는 방법으로 가우지안 스무딩을 먼저 수행하고 그 결과값에 라플라시안을 수행한다.^[7,8]

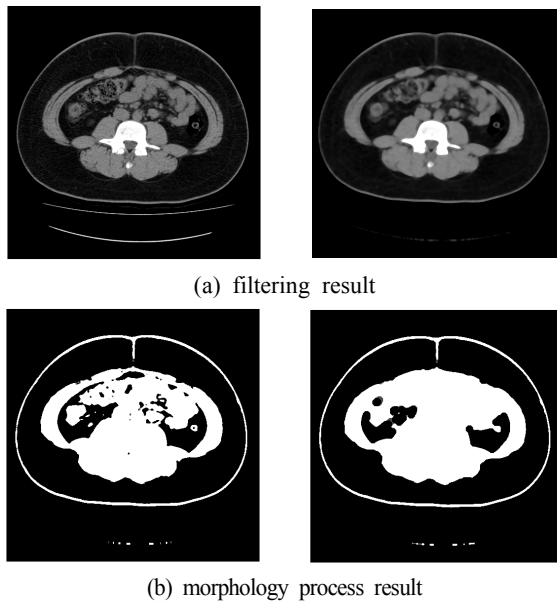


Fig. 2. Preprocessing results

III. RESULTS AND REVIEW

1. 복부지방 계산을 위한 영상분할

Fig. 2(a)는 필터링 처리를 통해서 경계의 잡음을 제거한 결과를 나타내었다. 이에 대해서 Fig. 2(b)에서 이진 처리를 하였다. 이진 처리 결과 피질 영역 그리고 복부지방영역 근육 및 내장장기 영역이 시각적으로 구분이 되는 것을 볼 수 있다. 그러나 피질 및 근육주변의 경계들은 연속적이지 않기 때문에 영상분할을 통한 지방부분을 분할 할 때 문제를 야기 시킬 수 있다. Fig. 2(b)의 모폴로지 연산을 통해 침식과 팽창을 반복한 결과 영상으로부터 문제점이 해결된 것을 알 수 있어 결과로부터 각 조직간의 경계를 더욱 정교하게 얻을 수 있다. Fig. 3에서 LoG(Laplace of Gaussian) 함수를 이용해서 각 조

직간 경계 부분을 분할하였다. 각 경계는 명확하게 구분이 되었으며, 피하지방을 계산하기 위한 필요조건이 충분한 것을 보여준다. Fig. 4에서 피하지방의 분할결과를 보여준다. Fig. 5는 내장지방분할에 성공한 결과를 보여준다.

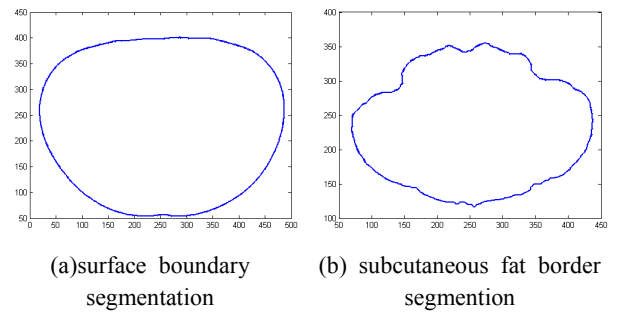


Fig. 3. Subcutaneous fat auto segmentation

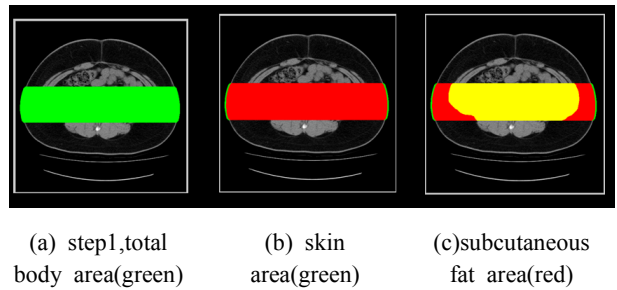


Fig. 4. Subcutaneous fat auto segmentation process

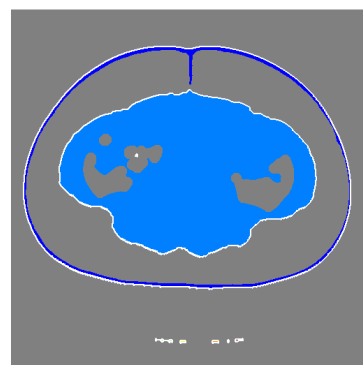


Fig. 5. Visceral fat splitting result(blue)

2. 연산시간

복부지방을 자동계측하기 위한 알고리즘 개발의 실험은 PC (Intel® Core 2Duo CPU @ 2.93Ghz,

1.96GB RAM)와 소프트웨어(MATLAB R2008b, Massachusetts, U.S.A.)를 기반으로 사용되었다. Fig. 6에서는 제안한 자동복부지방 분할과 기존에 사용되고 있는 수동으로 복부지방 분할을 계산하는 방법 간의 시간에 대한 결과를 보여준다. 10개의 서로 다른 복부영사에 대한 계산 시간을 비교하였다. 제안된 방법은 서로 다른 10개의 영상에 대해서 평균 21.84 s, 표준편차 0.37 s의 연산시간을 나타내었다. 반면 수동으로 복부지방을 분할하는 방법은 평균 88.02 s 표준편차 6.68 s이었다. 제안하는 방법과 66.18 s의 차이를 보였고 제안하는 방법이 임상에 적용하기에 매우 유리함을 알 수 있었다.

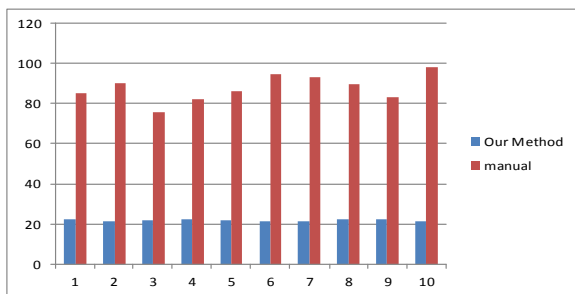


Fig. 6. Comparison of body fat calculation time (x-axis: sample, y-axis: sec)

IV. CONCLUSION

개발된 알고리즘을 통해서 표피와 피하지방 그리고 내장지방의 경계를 자동분할하였다. 피하지방 경계 좌표를 자동으로 얻을 수 있다. 개발된 분할 결과를 사용하여 자동 지방량 계산을 할 수 있다. 정확한 분할 도구를 제공함으로써 의사에게 편리함을 주고 재검사로 인한 피폭과 검사비용을 줄이는데 도움이 될 것으로 판단한다.

Acknowledgement

본 연구는 2018년 부산가톨릭대학교 교내연구비의 지원에 의해서 수행되었다.

Reference

[1] A. S. Greenberg, M. S. Obin, "Obesity and the Role

of Adipose Tissue in Inflammation and Metabolism," *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 83, No. 2, pp. 461-465, 2006.

- [2] Srdić Biljana, Stokić Edita, Polzović Agneza, Babović Siniša S, "Abdominal adipose tissue: Significance and methods of detection," *Medicinski Pregled*, Vol. 58, No. 5-6, pp. 258-264, 2005.
- [3] H. S. Park, "Epidemiology of metabolic syndrome in Koreans," *Journal of Obesity & Metabolic Syndrom*, Vol. 11, No. 3, pp. 203-211, 2002.
- [4] Y. H. Kim, S. W. Oh, Y. S. Kim, "The Factors Affecting the Fat Distribution in the Abdomen of Obese Women," *Journal of Obesity & Metabolic Syndrom*, Vol. 14, No. 1, pp. 39-46, 2005.
- [5] A. Pascot, J. P. Després, I. Lemieux, J. Bergeron, A. Nadeau, D. Prud'homme, A. Tremblay, S. Lemieux, "Contribution of Visceral Obesity to the Deterioration of the Metabolic Risk Profile in Men with Impaired Glucose tolerance," *Diabetologia*, Vol. 43, No. 9, pp. 1126-1135, 2000.
- [6] S. H. Kim, Y. S. Choi, Y. M. Lee, "body fat thresholds in computed tomography image processing," *Biomedical sciences instrumentation*, Vol. 35, pp. 303-308, 1999.
- [7] J. H. Shin, S. B. Jang, I. H. Ji, "digital image processing, hanbit media," 2010.
- [8] Rapael C. Gonzales, Richard E. Woods. "Digital image Processing," pearson, 2008.

복부전산화단층영상의 체지방 분할방법

최석윤

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

요 약

산업의 발달로 인한 생활습관과 신체활동 부족 등으로 한국인의 비만인구가 급증하고 있다. 전산화단층 영상을 이용한 기존의 지방량 계산 프로그램에서 반자동방식의 프로그램이 사용되고 있다. 관련 문제를 해결하기 위한 방법들이 제시되고 있으나 본 연구에서는 모폴로지 연산을 이용한 알고리즘을 제시하고 절차가 간단하고 비교적 계산량이 적은 새로운 방법으로 문제를 해결하고자 한다. 모폴로지 연산을 통해 침식과 팽창을 반복한 결과 영상으로부터 문제점이 해결된 것을 알 수 있어 결과로부터 각 조직 간의 경계를 더욱 정교하게 얻을 수 있었다. LoG (Laplace of Gaussian) 함수를 이용해서 각 조직간 경계 부분을 분할하였다. 각 경계는 명확하게 구분이 되었으며, 피하지방을 계산하기 위해 충분한 정보를 제공하였다. 개발된 분할결과를 사용하여 향후 자동 지방량 계산을 할 수 있다. 정확한 분할 도구를 제공함으로써 의사에게 편리함을 주고 재검사로 인한 피폭과 검사비용을 줄이는데 도움이 될 것으로 판단한다.

중심단어: 체지방, 전산화단층기술, 모폴로지, 피하지방

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	최석윤	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수