

자동유방초음파에서의 컴퓨터보조발견 시스템 개발 및 평가

김 정 현¹ · 차 주 회²

¹이화여자대학교 의과대학부속 목동병원 영상의학과

²울산대학교 의과대학 서울아산병원 영상의학과, 영상의학연구소

목적: 자동유방초음파에서 유방 병변을 발견하는 컴퓨터보조발견 시스템을 개발, 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 유방 초음파 팬텀에 대해 자동유방초음파를 시행한다. 자동유방초음파는 anteriorposterior와 both oblique position으로 6회 시행하여, 6세트 즉 총 18개의 volume data를 얻는다. Gaussian pyramid 와 median filtering을 통해 자료의 용량과 noise를 줄인다. Boundary를 detect해서 removal한 후 Otsu's threshold로 종괴 후보를 segmentation한다. 각각의 종괴 후보를 labeling 하고 특징들을 추출해 낸다. Eccentricity, perimeter/area, cluster size의 총 세가지 특성에 대해 역치값을 점진적으로 바꾸어서 종괴 후보 가운데 실제 종괴와 정상 조직을 가려내는 최적값을 구한다. 이렇게 만들어진 컴퓨터보조발견 시스템을 총 6세트의 팬텀 영상에 적용하여 평균정확도를 평가하였다.

결과: 본 연구의 컴퓨터보조발견 시스템은 89% (표준편차; 8.61%)의 평균 정확도를 보였다. 한 개의 volume data당 2 ± 0.63 개의 위양성을 보였다.

결론: 본 연구에서 만든 2차원 영상에서의 컴퓨터보조발견 시스템은 비교적 높은 정확도를 보였다. 추후 삼차원 특징을 포함하여 더 많은 특징들을 적용한다면 더욱 발전된 컴퓨터보조발견 시스템을 만들 수 있을 것이다.

Index words: Automated breast volume scanner; Computer-aided detection system

서 론

유방암 조기진단을 위한 정기적 선별 유방촬영술은 유방암 사망률을 감소시키는 유일한 영상검사법으로 알려져 있다. 그러나 치밀 유방을 가진 여성들에서는 그 민감도가 떨어져, 50세 이하의 젊은 여성에서는 그 효과가 제한적이다 (1).

유방초음파는 방사선 피폭이 없고, 비교적 널리 보급된 검사법이며, 유방초음파에서 발견된 병변에 대한 조직검사법이 간단하여 우리나라에서 실현 가능한 유방암

검진의 보완 방법이다. 유방암 고위험군 여성 2800명을 대상으로 한 전향적 연구 (ACRIN 6666)에서 유방초음파를 검진유방촬영에 추가로 시행할 경우 유방 촬영술만을 시행하는 경우보다 1000명 당 4.2명의 유방암 환자를 더 발견할 수 있었고, 발견된 암들은 크기가 작고 임파선 전이가 되지 않은 조기암이었음을 보고하였다 (2).

최근 개발된 삼차원 자동유방초음파는 고주파 프로브를 장착한 초음파 기기로서 한번에 넓은 유방을 빠르게 스캔하여 3차원 영상 데이터를 얻어 CT나 MR과 같이 객관적이고 재연성 있는 영상을 얻는다. 얻어진 영상은 검사가 끝난 후 판독자가 리뷰하여 병변을 찾아 감별하게 되며 대규모 유방암 검진을 위한 방법으로 적절한 것으로 기대되고 있다. 그러나 획득 영상의 판독을 위해서는 일정 수준의 교육이 필요하고 영상의학과 의사가 리뷰해야 하는 초음파 영상 수가 매우 증가하게 되는 단점이 있다 (3-6).

본 연구는 서울아산병원 임상연구과제(2011-0597) 연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

통신저자: 차주회

(138-736) 서울시 송파구 아산병원길 86

Tel. (02)3010-5995, Fax. (02)476-0090

E-mail: jhcha@amc.seoul.kr

컴퓨터보조발견(computer-aided detection) 시스템은 이미 여러 의료영상부분에서 개발되어 실용화되어 있는데, 초음파는 검사자가 병변을 찾아서 영상을 얻는 과정이 중요하기 때문에 컴퓨터보조발견 시스템의 임상에서의 이용은 없으며, 초음파에서 발견한 병변에 대한 감별진단용 컴퓨터보조진단 시스템이 있는 실정이다 (7-9).

본 연구는 자동유방초음파-컴퓨터보조발견 시스템을 개발하고 프로그램의 유용성을 평가하고자 한다.

대상 및 방법

영상획득

유방 초음파 팬텀 (Breast phantom US-6, Kyoto Kagaku Co. Ltd, Kyoto, Japan) (Fig. 1)에 대하여 자동초음파를 4일에 걸쳐 총 6회 시행하였으며, 한 번 시행시 임상에서와 마찬가지로 anteriorposterior와 both oblique position에서 스캔하여 총 18개의 volume data를 얻었다. 초음파 팬텀에는 유관 확장증, 물혹, 양성 종괴, 악성 종괴와 림프절 등 총 7개의 병변이 심어져 있었다.

초음파 영상은 자동유방초음파 기기 (Acuson S2000 automated breast volume scanner, Siemens healthcare, Erlangen, Germany)의 large-footprint 고주파 탐촉자 (5-14 MHz with a 9-MHz center frequency)를 이용하여 0.5 mm slice thickness, 320개의 고해상도 영상으로 이루어진 최대 15.4 cm × 16.8 cm × 6 cm 의 volume 데이터를 얻었다.

컴퓨터보조발견 시스템 생성

Data에서 먼저 종괴 후보를 골라내고 이들 가운데 실제 종괴의 가능성이 적은 후보를 줄여가는 방식의 컴퓨터보조발견 시스템을 생성하였다(Fig. 2).

Gaussian pyramid 와 median filtering으로 원본 영상 데이터의 부피를 줄이고 잡음을 감소시키고 ROI를 발견하는 pre-processing후 영상에서 유방조직이 아닌 배경을 제외하기 위해 boundary detection and removal 과정을 거친다. Otsu's threshold를 이용하

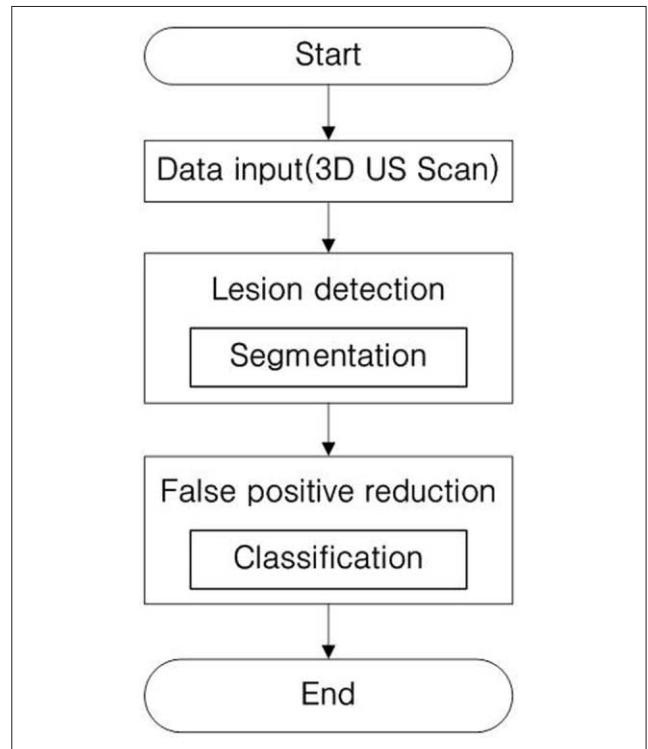


Fig. 2. General procedure of CAD system.

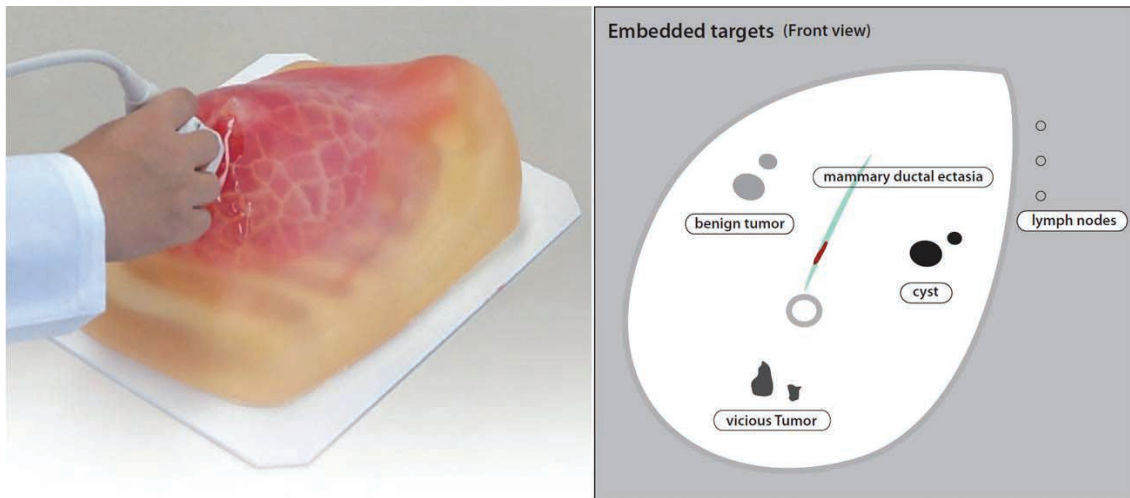


Fig. 1. Breast phantom.

여 정상 유방조직에서 종괴로 추정되는 부분을 골라내고 종괴 후보를 segmentation한다. 이들 가운데 위양성 병변은 줄이고 진양성 병변을 골라내기 위해서 각각의 종괴 후보가 갖고 있는 특징을 추출한 뒤 정상 유방조직과 종괴를 구분하는 특징을 골라낸다. 기존의 영상분석에서 쓰이는 특징들 가운데 초음파 영상에서 영상의학적 소견으로 중요하다고 알려져 있는 방향성, 모양, 가장자리, 경계면의 특성과 비슷한 eccentricity, perimeter/area, cluster size를 특징으로 선택하였다 (Fig. 3). 각 특징들의 최적값은 점진적으로 역치값을 올리거나 내리는 과정을 통해 수동으로 얻었다. 이렇게 얻어진 값으로 만들어진 컴퓨터보조발견 시스템을 여섯 세트의 volume data에 적용하여 평균정확도를 평가하였다.

결 과

유방 초음파 팬텀을 이용하여 cluster size, perimeter/area, eccentricity의 3개의 feature를 적용하였을 때 팬텀 내부의 병변들 가운데 유관 확장증 외의 6개의 모든 병변을 발견할 수 있었고 6세트의 volume data에 컴퓨터보조발견 시스템을 적용하였을 때 6개의 병변에 대한 민감도는 $89 \pm 8.61\%$, 위양성은 2 ± 0.63 개가 나왔다. 이때 적용한 특징들의 최적값은 cluster size가 20, perimeter/area가 0.5, eccentricity가 0.8이었다. 6세

트 각각에서의 민감도와 위양성률은 Table 1에 정리하였다.

고 찰

컴퓨터보조발견 시스템은 이미 여러 의료영상부분에서 개발되어 실용화되어 있는데 유방영상에서는 유방촬영술에 접목되어 있어 종괴나 석회화의 발견 및 감별진단에 유용하게 쓰이고 있다. 그러나 초음파에서는 검사자가 병변을 찾아서 영상을 얻는 과정이 중요하기 때문에 컴퓨터보조발견 시스템의 임상에서의 이용은 없는 실정이다.

그러나 자동유방초음파는 검사자가 직접 초음파를 하

Table 1. Number of Detected Lesions and False Positives for Each Data Set

Data Set	Number of Detected Lesions	Number of False Positives
1	5	2
2	5	2
3	6	1
4	5	2
5	5	2
6	6	3

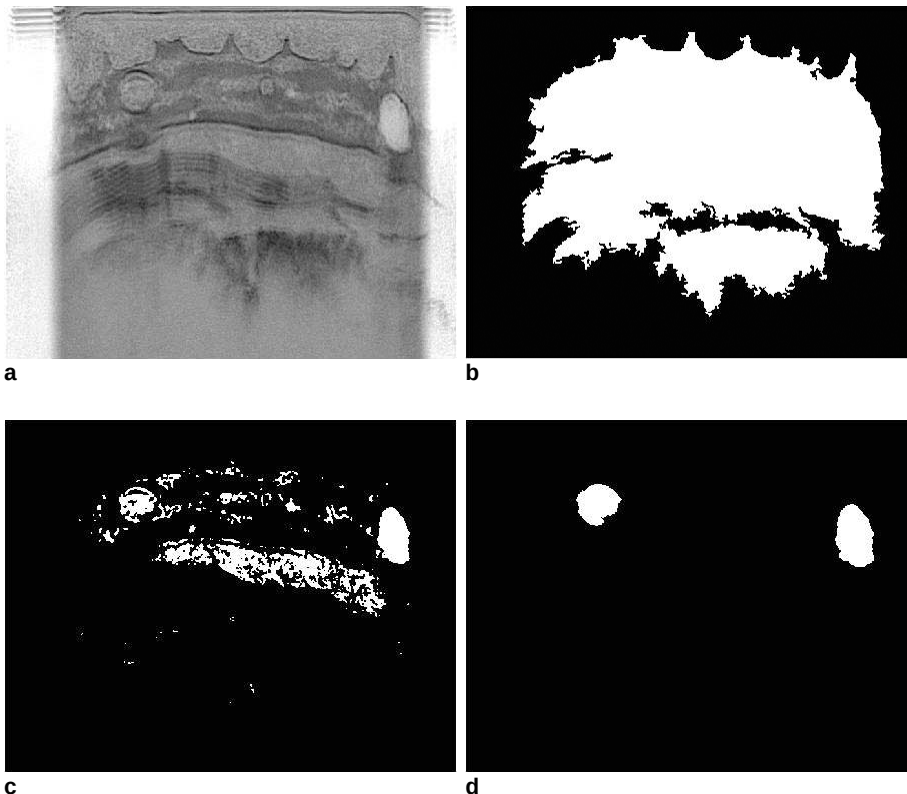


Fig. 3. a. Image after preprocessing including Gaussian pyramid and median filtering for down sampling and noise removal of original image. b. Image after boundary detection and removal. c. Mass candidates were detected using Otsu's threshold. d. Finally detected masses after application of classification using three features including cluster size, perimeter/area, and eccentricity.

면서 병변을 찾는 수동유방초음파와는 달리 자동으로 얻어서 재구성된 수 많은 영상을 나중에 판독자가 리뷰하여 병변을 찾는 것이기 때문에, 고도로 훈련된 판독자가 집중하여 영상을 판독해도 병변을 놓칠 수 가능성이 있어 이에 대한 보완이 필요하다. 실제로 자동유방초음파의 유방암 진단의 역할을 분석한 논문에서도 11개의 놓친 암 중 9개는 다시 분석할 때 쉽게 찾아낼 수 있는 병변이었음을 확인한 바 있다 (6). 따라서 자동유방초음파-컴퓨터보조발견 시스템의 개발, 접목으로 위와 같은 위양성 증례를 줄이는 데 도움을 받을 수 있으리라 기대된다.

쿠퍼씨 인대 및 섬유화 등에 의해 나타나는 유방의 위양성 병변들은 수동 초음파의 경우 각도를 달리하여 눌러봄으로써 어느 정도 위양성 진단을 줄일 수 있는 반면, 자동유방초음파에서는 진성 병변으로 오인되기 쉽다 (5, 10). 그러나 이러한 위양성 증례들로 반복적으로 트레이닝된 컴퓨터보조발견 프로그램을 이용한다면 어느 정도 위양성 진단을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

본 자동유방초음파-컴퓨터보조발견 시스템은 국내에서 처음으로 개발된 프로그램이며 초음파 팬텀에서 종괴의 발견에 있어서 89%의 정확도를 보였고, 위양성 발견은 volume data당 2 ± 0.63 로 비교적 높은 성적을 보여주었다.

본 연구는 초음파 팬텀 내 병변의 2차원 영상을 이용하여 실제 유방의 종괴와는 차이가 있으며, 분석한 병변의 개수가 적으며, 프로그램의 정확도에 대한 재현성 평가가 이루어지지 않은 점 등의 제한점이 있다.

그러나 추후 실제 환자의 자동유방초음파 데이터와 삼차원 특성을 포함한 더 많은 초음파 특성을 적용한다면 더욱 발전된 컴퓨터보조발견 시스템을 만들 수 있을 것으로 기대되며, 더 나아가 양성과 악성 종괴 여부를 최종적

으로 판정해주는 유방초음파-컴퓨터보조진단 시스템이 개발, 실용화 된다면 위양성 뿐 아니라 위양성 병변의 감소 효과를 얻을 수 있을 것이며, 특히 경험이 적은 검사자에서의 검사 성적 향상에 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kerlikowske K, Grady D, Rubin SM, Sandrock C, Ernster VL. Efficacy of screening mammography. A meta-analysis. JAMA 1995;273:149-154
2. Berg WA, Blume JD, Cormack JB, et al. Combined screening with ultrasound and mammography vs mammography alone in women at elevated risk of breast cancer. JAMA 2008;299:2151-2163
3. Chou YH, Tiu CM, Chen J, Chang RF. Automated full-field breast ultrasonography: the past and the present. J Med Ultrasound 2007;15:31-44
4. Kelly KM, Dean J, Comulada WS, Lee SJ. Breast cancer detection using automated whole breast ultrasound and mammography in radiographically dense breasts. Eur Radiol 2010;20:734-742
5. Chang JM, Moon WK, Cho N, Park JS, Kim SJ. Breast cancers initially detected by hand-held ultrasound: detection performance of radiologists using automated breast ultrasound data. Acta Radiologica 2011;52:8-14
6. Chang JM, Moon WK, Cho N, Park JS, Kim SJ. Radiologists' performance in the detection of benign and malignant masses with 3D automated breast ultrasound (ABUS). Eur J Radiol 2011;78:99-103
7. Chen DR, Chang RF, Huang YL. Computer-aided diagnosis applied to US of solid breast nodules by using neural networks. Radiology 1999;213:407-412
8. Shen WC, Chang RF, Moon WK. Computer aided classification system for breast ultrasound based on Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS). Ultrasound Med Biol 2007;33:1688-1698
9. Shen WC, Chang RF, Moon WK, Chou YH, Huang CS. Breast ultrasound computer-aided diagnosis using BI-RADS features. Academic Radiol 2007;14:928-939
10. Lin X, Wang J, Han F, Fu J, Li A. Analysis of eighty-one cases with breast lesions using automated breast volume scanner and comparison with handheld ultrasound. Eur J Radiol 2011;81:873-878

Computer-aided Detection System in Automated Breast Volume Scanner: Development and Evaluation of the Effectiveness

Jeoung Hyun Kim, MD¹, Joo Hee Cha, MD²

¹*Department of Radiology, Mokdong Hospital, College of Medicine, Ewha Woman's University, Seoul, Korea*

²*Department of Radiology, Research Institute of Radiology, Asan Medical Center,
College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea*

Purpose: The aim of this study was to develop a computer-aided detection (CAD) system for breast lesion in automated breast volume scanner and to evaluate the performance of the proposed CAD system.

Materials and Methods: 18 volume data (which composed of 6 sets of anteriorposterior and both oblique positions) of breast phantom were obtained by automated breast volume scanner. Gaussian pyramid and median filtering was applied for down sampling and noise removal from the image. After boundary detection and removal, mass candidate were detected and segmented using Otsu's threshold. Then the features of segmented objects are extracted. The cut off values of three features (Eccentricity, perimeter/area, cluster size) were determined by gradual increase or decrease of the threshold. The overall performance was evaluated using 6 sets of volume data.

Results: The overall accuracy of our CAD system was 89% (standard deviation; 8.61%). The number of false positives was 2 ± 0.63 per a volume data.

Conclusion: Our CAD system has relatively high accuracy, and further development with more data including 3D features would generate more improved CAD.

Index words: Automated breast volume scanner; Computer-aided detection system

Corresponding author: Joo Hee Cha, M.D.