# 관상동맥 내강 절단면의 영상분석을 위한 소프트웨어 개발

최익환*, 양우익**, 최흥국*
*인제대학교 정보컴퓨터공학부
**연세대학교 의과대학 병리학교실
e-mail:minibug@mitl.inje.ac.kr

# Software Development for Image Analysis of Luminal Cross-Section in Elastic Stained Coronary Image

Ik-Hwan Choi*, Woo-Ick Yang**, Heung-Kook Choi*
*Dept of Information & Computer Engineering, Inje University
**Dept of Pathology, Yonsei University, College of Medicine

**요 약**

본 논문에서는 관상동맥 질환의 객관적 분석을 위해, 혈관단면영상에서의 ROI(Lumen, Media, Plaque)에 대한 정확한 분할과 분할한 영역에서 질병을 유발시키는 요소들에 대한 정량적 분석을 위한 소프트웨어를 개발하였다. 본 시스템은 Visual C++ 6.0을 이용하여 개발하였으며, 현미경으로부터 획득한 관상동맥 단면영상에 적용하여 Lumen, Media와 Plaque를 분할하고, 각 영역의 형태학적 특징을 추출하여 분석 결과를 파일로 저장할 수 있도록 구현하였다. 분석된 결과는 심장질환의 객관적 진단을 위한 보조판단근거로써 사용될 것으로 기대한다.

## 1. 서론

관상동맥(Coronary arteries) 질환은 심장 주변을 둘러싸고 있는 관상 동맥 내에 콜레스테롤과 지방질, 그리고 혈액 내의 다른 여러 성분이 조합되어 발생한 플라크(Plaque)가 증가하여 관상동맥의 협착을 일으킴으로써 발생하는 질환이다. 관상동맥의 협착은 심장 근육에 혈액 공급을 감소시키고 영양분과 산소공급을 차단하여, 협심증 또는 심근경색증을 일으켜 심한 경우에는 사망까지 초래한다. 그러므로 증가된 프라크의 양 또는 협착 정도에 대한 정량적 분석은 관상동맥 질환을 진단하는데 중요한 판단근거가 되므로, 관상동맥의 단면에서 내강 (Lumen)과 플라크가 차지하는 면적, 혈관의 내막(Internal elastic membrane), 또는 외막(External elastic membrane)의 지름 등에 대한 객관적 분석 방법이 필요한 실정이다[1][2][3]. 그러나, 대부분의 심장 질환 분석을 위해 사용되는 관상동맥의 분석은 현미경을 통한 병리의사의 육안에 의해 주관적으로 이루어지고 있으므로, 관상 동맥 질환의 객관적 분석을 위한 절단면의 분할과 절단면에서 질병을 유발시키는 요소들에 대한 정량적 분석을 위한 소프트웨어를 개발하였다.

관상 동맥 영상을 분할하고, 분할된 영역에 대해 정량적 분석을 하였다[4]. 정량 분석된 결과 데이터는 혈관의 길이 방향에 따른 3차원적 변화를 추적하게 하며, 이를 통하여 단면에서의 협착률 뿐만 아니라 일정 길이의 혈관에 따른 변화를 나타낸다.

2절에서는 개발환경과 영상획득을 설명하고, 3절에서는 분할 이론과 프로그램의 전반적인 기능에 대해 설명하였으며, 4절에서는 실험결과를 간단한 도표와 함께 제시하였고, 5절에서는 결론 및 향후과제를 제시하였다.

## 2. 개발환경 및 영상획득

본 시스템은 Visual C++ 6.0을 이용하여 윈도우즈 어플리케이션을 개발하였다. 실험을 위한 재료는 연세대학교 의과대학 병리학 교실에서 제공 받았으다. 염색된 하나의 관상동맥을 5mm 간격으로 절단하여 16개의 슬라이드를 디지털 카메라(Olympus)가 연결되어 있는 Olympus 광학 현미경을 통해 12.5배 배율로 디지털화하여 칼라 영상을 저장하였다.

## 3. 동맥 영상 분할

관상 동맥의 단면 영상에서의 분할하고자 하는 ROI부분은 lumen, plaque, media이다. Lumen은 혈류가 지나는 부분이며, plaque는 혈관내부에서 여러 성분의 조합으로 생성되어 혈류에 영향을 주는 부분이고, media는 혈관을 이루고 있는 부분이다. Lumen의 면적과 plaque의 면적의 비와 슬라이스의 변화에 따른 크기 변화를 분석하기 위해서는 그림 1의 lumen과 plaque의 분할이 필요하다. 분석 결과를 통해 협착 정도를 수치화 할 수 있다.

Lumen과 plaque의 분할을 위해서 칼라 영상은 R, G, B 채널로 각각 분리하여 처리하였으며, RGB 채널이 가지는 색상의 변화 정도를 통하여 염색된 영역에서의 일차적인 분할을 하였다.

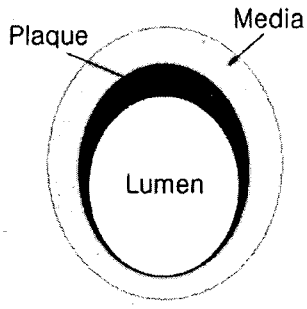



그림 1. 관상동맥의 명칭

1) 전처리 단계

영상의 분할을 위해서 히스토그램에 의해 임의의 단계로 나누어주는 level detection을 사용하였으며,

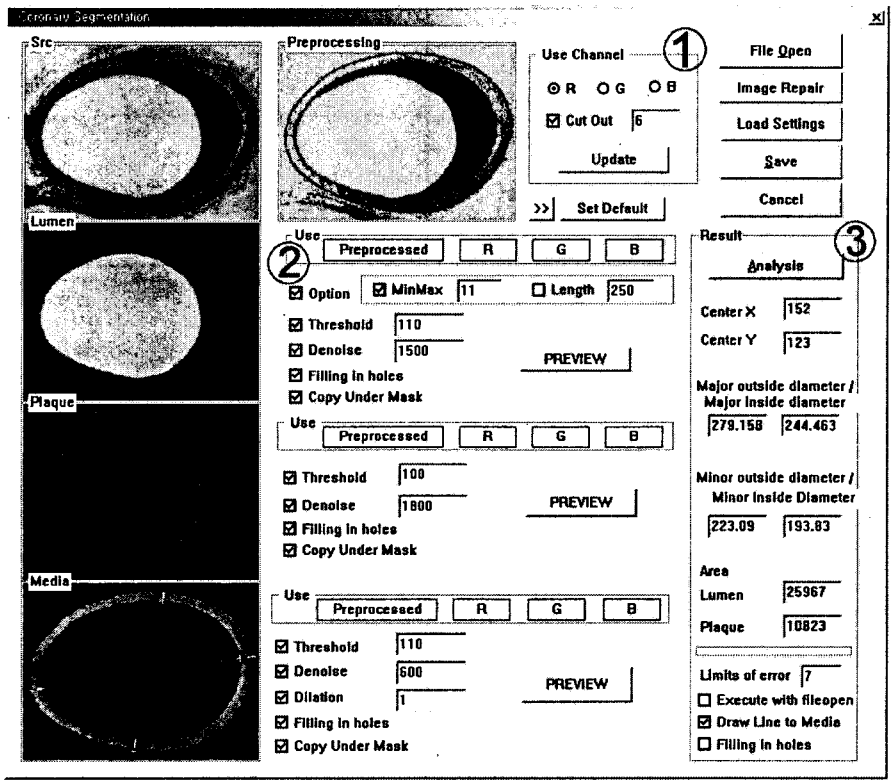



그림 2. 관상 동맥 분석 소프트웨어의 사용자 인터페이스

shading correction을 통하여 현미경 조명에 의한 영상 손실에 대한 보정을 하였다. 보정 단계에서는 중단면의 프로파일을 기준으로 correction ratio를 정하였으며, 보정된 영상을 그레이레벨과 RGB 밴드로 나누었다. 그림 2에서 좌측 상단이 원영상이고, 오른쪽에 preprocessing image, 하단에 분할된 lumen image, plaque image, media image를 보여주어 원 이미지와 결과 이미지를 한번에 볼 수 있게 함으로써, 사용자의 편의성을 고려하였다.

2) 분할 단계

관심영역 분할을 위한 threshold value는 RGB 밴드에서 각각 초기치가 주어져 있고, 영상에 따른 차이에 의한 결과는 사용자가 수치를 조작하게 하였다. Threshold 아래의 denoise 항목은 영상을 이진화 시키고 생기는 노이즈를 제거하는 부분으로 단위는 (pixel)이다. 그림 2의 ①은 그레이레벨의 단계화를 조작하는 것으로 cut out 항목의 수를 정하여 영상분할의 단계를 시작한다. ②는 분할의 제어옵션을 지정하는 부분으로 바깥 모서리 부분에서 분할되어지는 오브젝트의 떨어진 정도와 길이를 제어하여 혈관부분의 검출이 용이하게 하였다. ③은 결과분석을 보여주는 부분으로 중심점의 위치와 lumen과 media의 축의 위치와 넓이를 나타내어 준다. 정확한 면적측정을 위하여 filling in holes을 적용하였다. Labeling은 서로 떨어진 물체를 구별하는 것을 말하는데, 각 분할면의 데이터를 구하는데 사용하였다. 분할영상의 시각화를 위하여 copy under mask을 사용하여 이진화 된 영상이 아닌 원 영상의 데이터를 보존하였다.

3) 분석단계

분할 된 영상 각 영역에 대한 길이를 알기 위해서 혈관 단면의 중심점에서 10°씩 돌려서 가장 긴 선과 가장 짧은 선을 찾아 장축과 단축으로 하였다. 그림 1의 ③에서 보여주고 있는 분석 결과는 저장기능을 통하여 데이터를 파일로 저장하도록 하여 다른 어플리케이션으로의 활용을 용이하게 하였다. 그림 3은 저장을 위한 윈도우이다. 결과 영상이 부분별로 각각 저장이 되어 이미지 뷰어를 통하여 따로 확인할 수 있으며, 현재 세팅되어 있는 값들을 저장할 수 있다. 결과값 저장도 기존의 파일이름에 merge 할 수 있으며, 현재 파일 이름으로 저장하거나, 사용자가 지정한 파일 이름으로 저장할 수 있도록 하였다.

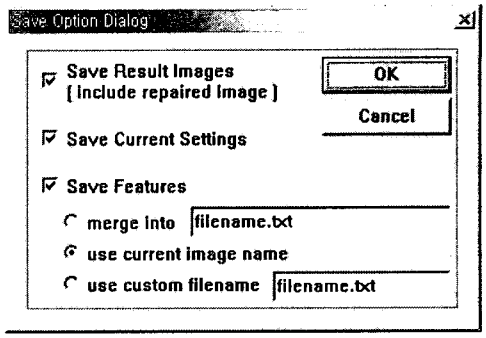



그림 3. 데이터 저장을 위한 다이얼로그상자

## 4. 실험 결과

표 1에서는 16개가 1 Set인 관상동맥 혈관 슬라이드 영상에서 분할되어진 영역의 장축과 단축의 길이 변화를 보여주고 있다. 표 2에서는 lumen과 plaque의 면적이 첫 번째 영상으로부터 16번째 영상으로 넘어감에 따라 변하고 있는 값을 보여주고 있다.

표 1. 분할되어진 lumen과 plaque의 축의 길이변화

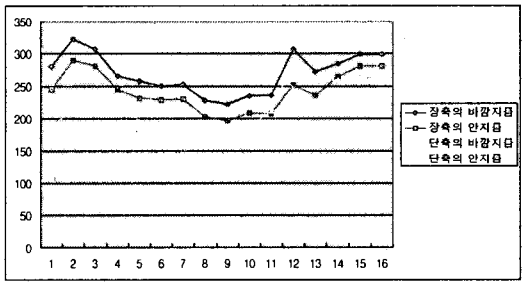
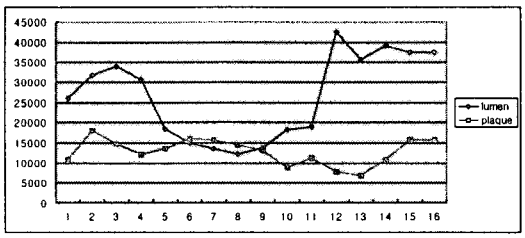



표 2. 슬라이스에 따른 Lumen과 plaque의 넓이의 변화 곡선




## 5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 심장질환의 분석을 위해 사용되는 관상동맥 질환의 객관적 분석을 위해, 혈관단면영상

에서의 ROI(Lumen, Media, Plaque)에 대한 정확한 분할과 분할한 영역에서 질병을 유발시키는 요소들에 대한 정량적 분석을 위한 소프트웨어를 개발하였다. 현미경으로부터 획득한 관상동맥 단면영상에 적용하여 자동으로 lumen, media와 plaque를 분할하고, 각 영역의 형태학적 특징을 추출하여 분석 결과를 파일로 저장할 수 있도록 구현하였다. 분석된 결과는 심장질환의 객관적 진단을 위한 보조판단근거로써 사용될 것으로 기대한다.

Lumen과 plaque 축의 변화에 따른 변위각 추정을 통한 영상 보정과 정량 분석을 위한 기능 향상으로 점진적인 소프트웨어 개발을 병리학 전문가의 의견을 바탕으로 해야 할 것이다.

## [참고문헌]

[1] J.A.G.M. Clarijs, G. Pasterkamp, A.H. Schoneveld, T.G van Leeuwen, B. Hillen, C. Borst "Compensatory Enlargement in Coronary and Femoral Atreries Is Related to Neither the Extent of Plaque-Free Vessel Wall Nor Lesion Eccentricity." Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology Vol 17, No 11, 1997

[2] Pasterkamp G, Borst C, Gussenhoven EJ, Mali WPTM, Post Mj, The SHK, Reekers JA, van den11 Berg FG. Remodeling of de novo atherosclerotic lesions in femoral arteries: impact on mechanism of balloon angioplasty. J Am Coll Cardiol. 1995

[3] James B. Hermiler, MD, Alan N. Tenaglia, MD, Katherine B. Kisso, RDMS, Harry R. Phillips, MD, Thomas M. Bashore, MD, Richard S. Stack, MD, and Charles J. Davidson, MD "In Vivo Validation of Compensatory Enlargement of Atherosclerotic Coronary Arteries" The American Journal of Cardiology, Volume 71, march 15, 1993

[4] 최익환, 이병일, 최현주, 최홍국, 양우익 "Elastic Staing된 관상동맥 영상에서 내강 절단면의 분할" 멀티미디어 학회 vol.4, no.2, 873-876, 2001