

# 경동맥 MRA 영상을 이용한 새로운 내경 측정 방법 (New Carotid Artery Stenosis Measurement Method Using MRA Images)

김도연<sup>†</sup> 박종원<sup>\*\*</sup>  
(Do Yeon Kim) (Jong Won Park)

**요약** 현재 경동맥 내막절제술 시행을 위한 경동맥 협착증의 정도 측정에는 디지털감산조영술(DSA), 회전조영술(rotational angiography), 컴퓨터단층조영술(CTA) 및 자기공명조영술(MRA)로부터 얻어진 경동맥의 투영 영상을 이용하여 북미, 유럽 표준 및 총경동맥 방법이 사용되고 있다. 본 논문에서는 기존의 기계적인 측정기를 이용하는 전형적인 경동맥 협착 측정 방법의 단점을 극복하고, 측정자간의 변화율을 최소화하기 위해 자기공명조영술의 단면 영상을 사용하고 컴퓨터화한 새로운 협착증 정도 측정 방법을 개발하였다. 영상 분할에 사용되는 방법중 가장 널리 사용되고 효율적인 명암값 임계치 방법을 사용하여 경동맥 및 동맥의 내강을 분할하였다. 또한, 각 증례의 측정된 총경동맥의 혈관두께를 사용하여 분할된 경동맥 으로부터 혈관을 제거 하였고, 혈관이 제거된 경동맥을 혈류 영역과 플라그 영역으로 분할하였다. 각 단면 영상에서의 경동맥 협착증 정도 측정은 (분할된 플라그 영역 / 혈류영역 및 플라그를 합한 면적) \* 100% 식으로 계산된다.

**키워드** : 경동맥 협착증, 자기공명 혈관조영술, 명암값 임계치방법, 의학영상처리

**Abstract** Currently, the north american symptomatic carotid endarterectomy trial, european carotid surgery trial, and common carotid method are used to measure the carotid stenosis for determining candidate for carotid endarterectomy using the projection angiography from different modalities such as digital subtraction angiography, rotational angiography, computed tomography angiography and magnetic resonance angiography. A new computerized carotid stenosis measuring system was developed using MR angiography axial image to overcome the drawbacks of conventional carotid stenosis measuring methods, to reduce the variability of inter-observer and intra-observer. The gray-level thresholding is one of the most popular and efficient method for image segmentation. We segmented the carotid artery and lumen from three-dimensional time-of-flight MRA axial image using gray-level thresholding technique. Using the measured intima-media thickness value of common carotid artery for each cases, we separated carotid artery wall from the segmented carotid artery region. After that, the regions of segmented carotid without artery wall were divided into region of blood flow and plaque. The calculation of carotid stenosis degree was performed as the following: carotid stenosis grading is (area measure of plaque / area measure of blood flow region and plaque) \* 100%.

**Key words** : carotid artery stenosis, magnetic resonance angiography, gray-level thresholding, medical image processing

## 1. 서론

### 1.1 경동맥(carotid artery) 질환

뇌혈관질환(cerebrovascular disease)은 크게 출혈성 뇌혈관질환, 허혈성 뇌혈관질환으로 나눌 수 있으며, 일

반적으로 중풍 또는 뇌졸중(stroke)이라 한다. 허혈성 뇌혈관질환은 뇌혈관이나 경동맥이 다양한 원인에 의하여 막히거나 좁아져 뇌세포 기능의 유지에 필요한 혈액 공급이 차단되어 일시적 혹은 영구적으로 반신마비, 실어증 등이 발생한다. 뇌혈관질환은 미국에서 세 번째로 많은 사망원인으로 매년 50만 명이 발병하고, 15만 명이 사망한다[1]. 반면에 한국에서는 사망원인 1위의 질환으로, 우리나라에서도 노령인구의 증가 및 생활의 변화로 점차 내경동맥 협착증과 같은 허혈성으로 인한 뇌졸

<sup>†</sup> 정회원 : 한국전력기술(주) 원자로설계개발단  
dykim@ns.kopec.co.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 충남대학교 정보통신공학과 교수  
jwpark@crow.cnu.ac.kr

논문접수 : 2003년 5월 24일

심사완료 : 2003년 8월 28일

중이 뇌혈관질환의 80% 정도를 차지하고 있다. 경동맥은 뇌에 혈류를 공급하는 주된 혈관의 하나로 협착증과 같은 경동맥질환은 뇌졸중의 직접적인 원인이 된다. 경동맥질환은 대부분 죽상경화(atherosclerosis)에 기인하며, 고혈압이나 혈관노화로 인한 동맥경화(arteriosclerosis)와는 달리, 죽상경화증이란 동맥 혈관 벽에 콜레스테롤 등이 침착되어 혈관이 좁아져서 혈류 장애를 초래하는 질환이다. 죽상경화증은 혈관이 분지(bifurcation)를 내는 곳에서 호발하며, 총경동맥(common carotid artery)이 내경동맥(internal carotid artery)과 외경동맥(external carotid artery)으로 나뉘는 부위에 잘 생긴다.

1.2 경동맥 협착증 측정 배경

경동맥 협착의 정도를 측정하는 방법으로는 전형적인 경동맥 조영술에 의해 생성된 투영(projection) 영상을 이용, 기계적인 측정기(caliper)를 사용하는데, 다음과 같이 세 가지 방법으로 구분하여 볼 수 있다. NASCET(North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial)은 말단(distal) 내경동맥의 직경을 참조 직경으로 하여 경동맥 협착의 정도를 측정하는 방법을 제공하며, 협착 정도가 70% 이상이며 증상을 가지는 환자에게는 경동맥 내막절제술(endarterectomy)을 권고하고 있다[2]. ECST(European Carotid Surgery Trial)는 경동맥 벌브(bulb)의 근사된 직경을 참조 직경으로 하여 경동맥 협착의 정도를 측정하는 방법을 제공하며, 협착 정도가 80% 이상이며 증상을 가지는 환자에게는 경동맥 내막절제술(endarterectomy)을 권고하고 있다[3]. 또한, 총경동맥의 직경을 참조 직경으로 하여 경동맥 협착의 정도를 측정하는 방법이 있다[4]. 전형적인 혈관 조영술은 경동맥 협착증을 평가하고 정도를 측정하는 표준화된 방법으로 취급되고 있으며, 협착이 가장 심한 부위가 전형적인 디지털감산조영술(DSA : digital subtraction angiography)이나 회전조영술(rotational angiography)로부터 얻어진 투영 영상을 사용하여 내경동맥의 협착 정도를 평가하는데 사용된다. 그러나, 이러한 기법들은 동맥에 삽입되는 카테터(catheter)를 사용하는 관계로 혈관이 막히는 사고(thromboembolic)의 위험을 내재 하고 있다[5]. 그러므로, 혈관 영상을 얻기 위해 컴퓨터단층조영술(CTA: computed tomography angiography) 및 자기공명조영술(MRA: magnetic resonance angiography)) 등과 같은 비침습(non-invasive) 기법의 사용이 요구되어 지고 있으며, 가능한 전형적인 혈관 조영술은 배제할 것을 권고하고 있다. 비록, CTA 나 MRA 등이 비침습 기법이고, 전형적인 혈관 조영술에 비해 더 많은 투영 영상을 제공하고 있지만, 경동맥 협착증 측정을 위해 MIP(maximum intensity projec-

tion) 렌더링 방법을 사용하여 재구성된 혈관조영 영상과 유사한 영상을 사용한다. 또한 경동맥의 투영 영상을 사용할 경우 잔존(residual)하는 가장 좁은 루멘(lumen)이 항상 보이지 않은 경우가 많음으로 해서 가장 큰 내경동맥의 협착증을 측정할 수 없다. 더군다나, 동일한 투영 영상을 사용하여 측정된 경동맥 협착증 정도가 어느 방법을 사용하여 측정 되었는지의 여부에 따라 그 결과의 차이는 심하게 일어난다. 따라서 서로 다른 세 가지 경동맥 협착증 측정 방법의 결과를 변환시켜 주는 공식이 고안되기도 하였다[6]. 또한 특정 기관에 따라 측정 결과가 다르고, 서로 다른 협착증 측정자간의 차이가 생기며 측정 시간대에 따른 동일 측정자의 결과도 서로 다르다. 경동맥 협착증의 정도를 수작업으로 측정하는 것은 시간이 많이 소모되고, 측정 결과도 주관적인 판단이나, 훈련에 따라 서로 다르게 나타난다. 차후 문제로, 시간 간격을 달리하여 동일한 영상을 이용하더라도 측정 결과는 다르게 나타난다. 정확한 경동맥 협착증의 평가 및 정도 판단은 경동맥 내막 절제술의 시술 대상인 환자를 선택하는 관점에서 필수적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 경동맥의 축상 단면 MRA 영상을 사용하여 경동맥 협착증을 측정하기 위해 영상 획득, 영상 분석, 경동맥 분할, 경동맥 루멘(lumen) 분할, 경동맥 플라그(plaque) 분할, 경동맥 협착증 정도 측정 과정을 수행하였다(그림 1)

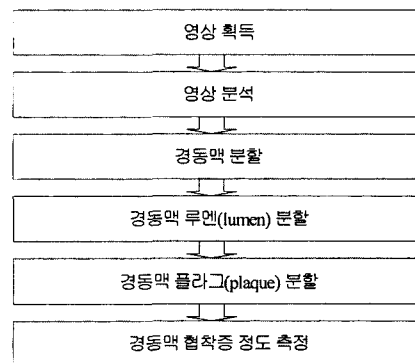


그림 1 경동맥 협착증 측정 과정

2. 경동맥 분할

경동맥 협착증 정도를 측정하기 위한 사전 단계로 MRA 영상 획득, 영상 분석 및 경동맥 분할 과정을 수행하였다.

2.1 영상획득

사용된 MRA 영상은 GE사의 Signa Horizon Echo Speed 스캐너를 사용하여 촬영된 영상으로 43 층에 대해 경동맥을 분할하였다. 각각의 층에는 모두 136개의

축상 단면 원천영상으로 구성되어 있으며, 각 단면 원천 영상의 크기는 512\*512 픽셀이고 가로 및 세로 픽셀의 크기는 각각 0.43mm이며, 절편의 두께는 1.4mm이다. 또한 영상 파일의 포맷은 ACR/NEMA의 DICOM[7] 형식으로 픽셀당 12 비트를 할당하여 저장된다.

**2.2 영상 분석**

경동맥을 촬영한 단면 원천영상을 분석하여 보면 그림 2와 같이 영상의 윗부분에 위치하는 좌우 한쌍의 총경동맥과 영상의 아랫부분에 위치하는 좌우 한쌍의 척추기저동맥을 볼 수 있다. 뇌의 혈액공급은 크게 두 가지 경로로, 경동맥은 목의 양옆을 따라서, 그리고 척추기저동맥은 목뼈의 뒷부분을 통해 머릿속으로 들어가 각각 뇌에 혈액을 공급하고, 뇌 안에서는 이들이 윌리시환(circle of willis)이라는 고리 모양의 혈관구조에 의해 서로 연결된다. 총경동맥은 그림 3에서와 같이 우측 총경동맥으로부터 내경동맥과 외경동맥으로 분리되는데, 외경동맥은 내경동맥보다 가늘고 갑상연골(thyroid cartilage) 위 모서리 높이에서 총경동맥으로 갈라져 나오며 뇌와 시각계통을 제외한 두부, 치아, 혀, 코 등 얼굴 및 목 앞부위(두경부)에 혈액을 공급한다. 내경동맥은



그림 2 경동맥 MRA 영상



그림 3 우측 총경동맥의 분리 시점에서의 MRA 영상



그림 4 내경동맥 및 외경동맥으로 분리된 MRA 영상

외경동맥보다 내경이 더 크며 뇌의 앞부분 및 시각계통에 혈액을 공급하며, 내경동맥의 협착은 뇌졸중의 주된 원인이 되고 있다. 그림 4는 총경동맥으로부터 분리된 내경동맥 및 외경동맥을 보여주고 있다.

**2.3 경동맥 분할**

인체의 목 부분에 위치한 경동맥을 촬영한 단면 원천 영상(그림 2-4)들을 분석하여 보면, 단면 영상의 배경인 어두운 부분, 배경보다 조금 밝은 부분, 목 단면에 위치한 각종 근육들의 좀 더 밝은 부분, 경동맥 및 척추기저동맥 등이 보이는 밝은 부분으로 구분 할 수 있다. 결론적으로, 단면 원천영상에서 동맥을 제외한 어두운 부분과 경동맥 및 척추기저동맥을 포함한 밝은 부분, 두 영역으로 구별할 수 있다. 명암값의 빈도수를 사용하여 작성된 단면 영상의 히스토그램(그림 5)을 분석[8-10]하여 보면, 동맥을 제외한 어두운 부분이 히스토그램 좌측에 위치하는 것을 알 수 있다. 단면 영상에서 어두운 부분이 밝은 부분에 비해 상대적으로 면적이 넓기 때문에 두개의 봉우리를 이루지는 못하지만, 경동맥 및 척추기저동맥을 포함한 밝은 영역의 명암값의 범위를 임계값으로 정하였다. 그림 6과 같이 좌측 경동맥만을 포함한

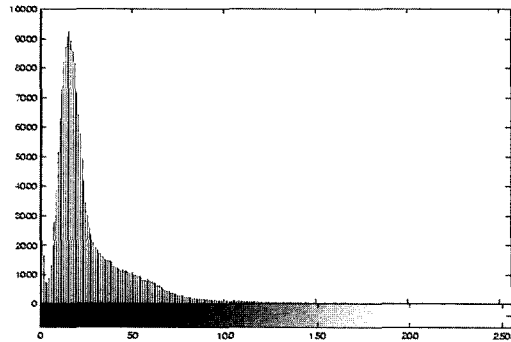


그림 5 경동맥 MRA 영상에 대한 히스토그램 (그림 4를 입력으로 이용)



그림 6 경동맥만이 관심영역(ROI)으로 포함된 MRA 영상

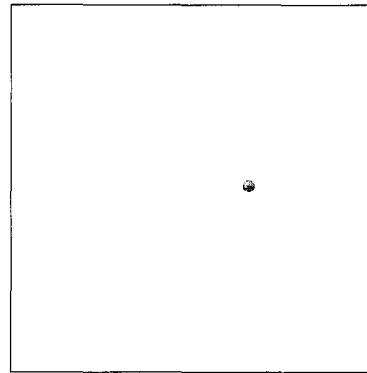


그림 9 총경동맥 및 내경동맥만 분할된 MRA 영상 (그림 8을 입력으로 이용)

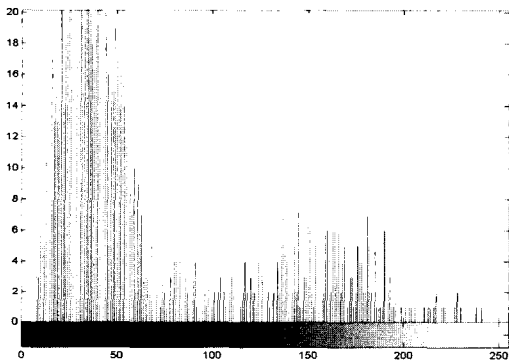


그림 7 경동맥 MRA 영상에 대한 히스토그램 (그림 6의 관심영역만을 입력으로 이용)



그림 8 경동맥 및 척추기저동맥만 분할된 MRA 영상 (그림 4을 입력으로 이용)

작은 직사각형 내부 영역만을 관심 영역(ROI : region of interest)으로 하여 작성한 히스토그램(그림 7) 분석에서도 이와 같은 사실은 증명된다. 위와 같이 명암값에 의한 임계값(gray-level thresholding) 처리기법을[8-10]

사용하여, 단면 원천영상에서 경동맥 및 척추기저동맥만을 그림 8과 같이 분할하였다. 경동맥 MRA 영상은 혈액이 같은 단면에 있는 불안전 포화 정지 조직보다 자화량이 크다는 것을 이용하여 촬영된 영상으로 증례내의 단면 영상간, 또한 증례간의 혈류 영상 신호의 변화가 미미한 형태로서, 영상 분할에 임계값 처리기법을 사용하는 것이 효율적인 것으로 판단된다. 뇌에 대부분의 혈액을 공급하는 내경동맥 및 총경동맥에 대한 협착증을 측정하기 위해 경동맥 및 척추기저동맥만으로 분할된 그림 8과 같은 영상에서는 내경동맥만, 그리고 분지 이전 영상에서는 총경동맥만을 그림 9와 같이 수작업으로 분할하였다.

### 3. 협착증 측정

경동맥만으로 분할된 영상을 이용하여 루멘 및 플라그만으로 분할하였고, 이를 경동맥 협착증 정도 측정에 사용하였다.

#### 3.1 경동맥 루멘 및 플라그 분할

뇌에 대부분의 혈액을 공급하는 내경동맥 및 총경동맥에 대한 협착증을 측정하기 위해 경동맥 및 척추기저동맥만으로 분할된 영상에서 분지 이후에는 내경동맥만, 그리고 분지 이전 영상에서는 총경동맥만을 분리하였다. 그림 9는 분할된 내경동맥을, 그림 10은 분할된 총경동맥을 보여주고 있다. 그림 9와 10과 같이 분할된 총경동맥 또는 내경동맥의 영상을 분석하여 보면, 혈류가 흐르는 영역과 이 영역을 둘러싼 혈관의 내막(intima), 중막(media)과 같이 혈관의 두께에 해당하는 부분, 또한 플라그의 명암값과의 차이가 있는 것을 알 수 있다. 위와 같은 사실은 그림 9와 10과 같이 총경동맥 또는 내경동맥만으로 분할된 영상을 입력으로 하여 작성된 히스토그램(그림 11) 분석에서도 확인 할 수 있다. 그림 11과 같은 히스토그램상에서 두개의 봉우리(peak) 사이의 값

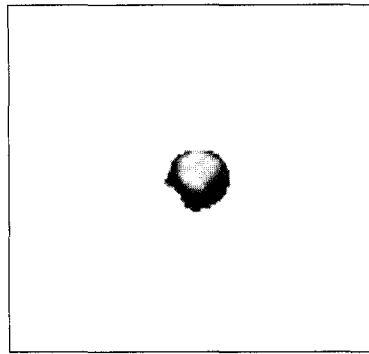


그림 10 총경동맥만 분할된 MRA 영상

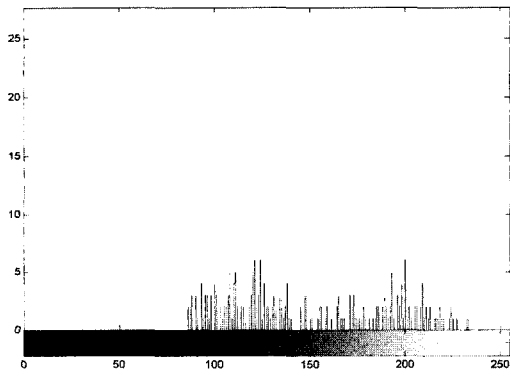


그림 11 경동맥 MRA 영상에 대한 히스토그램  
(총경동맥 또는 내경동맥만으로 분할된  
영상을 입력으로 이용)

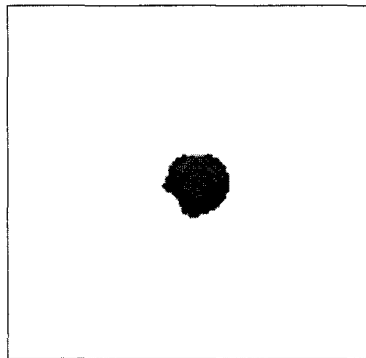


그림 12 혈류영역과 플라그 영역으로 분할된 이진 영상

을 임계값으로 하여 혈류가 흐르는 영역과 플라그를 포함한 혈관벽 영역으로 분할하였는데, 최저값은 방사선과 전문의 의견에 따라 경험적으로 선택되었다. 그러나, 정확한 경동맥 협착증 정도를 계산하기 위해서는 혈관의 두께는 제외되어야 하지만, 혈관벽과 플라그의 명암값의 차이가 없어 이를 분할할 수 없는 문제를 가지고

있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 상대적으로 플라그 형성이 생기기 어려운 부위인 총경동맥의 일부분의 혈관벽 두께를 측정하였다. 측정한 총경동맥 일부분의 혈관벽 두께의 평균값(3픽셀, 1.3mm)을 사용하여 플라그를 분할하였다. 그림 12는 혈류영역과 플라그만으로 분할된 이진 영상으로서, 분할된 두개 영역의 면적의 비율로서 경동맥 협착증 정도를 136개의 단면 영상에 대해 각각 계산하였다.

### 3.2 경동맥 협착증 정도 측정

현재 전형적인 혈관조영 투영 영상을 이용하고 측정기를 사용하여 경동맥 협착증을 측정하는 방법으로는 다음과 같이 세 가지로 구분하여 볼 수 있다. 그림 13에서와 같이 말단 내경동맥의 직경을 참조 직경으로 사용한 NASCET 방법은  $[1 - (\text{최소의 잔여 루멘 직경} / \text{말단 내경동맥의 루멘 직경})] * 100\%$  식으로 계산되고, 경동맥 벌브의 근사된 직경을 참조 직경으로 사용한 ECST 방법은  $[1 - (\text{최소의 잔여 루멘 직경} / \text{원래 내경동맥의 루멘 직경})] * 100\%$  식으로 계산되며, 총경동맥의 직경을 참조 직경으로 사용한 CC 방법은  $[1 - (\text{최소의 잔여 루멘 직경} / \text{총경동맥의 루멘 직경})] * 100\%$  식으로 계산된다. 본 논문에서는 3차원 TOF (time-of-flight) MRA 단면 영상을 사용한 새로운 형태의 경동맥 협착증 정도 측정 방법을 구현하였다. 그림 12는 혈류영역과 플라그만으로 분할된 이진 영상이며 분할된 두개 영역의 면적의 비율로서 경동맥 협착증 정도를 136개의 단면 영상에 대해 각각 계산하였다. 다시 말하면, 경동맥 MRA 단면 영상을 사용한 경동맥 협착증 정도 측정은 기대되어 지는(플라그가 존재하지 않는 것으로 가정된) 혈류영역 면적과 실제로 측정된 혈류영역 면적의 비율로 하여 계산하였다. 본 논문에서 구현한 경동맥 협착증 정

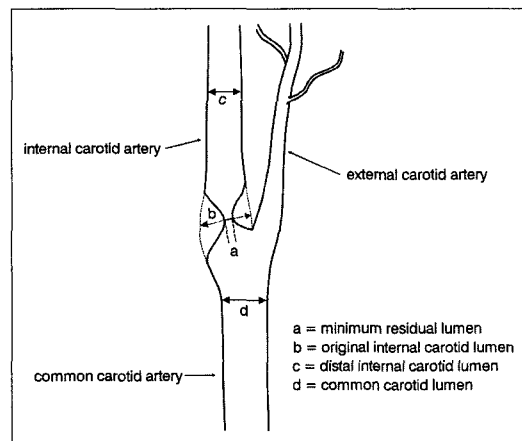


그림 13 혈관조영 투영 영상을 사용한 경동맥 협착증  
정도 계산시 사용되는 측정 위치

도 측정은 (분할된 플라그의 면적 / 혈류영역 및 플라그를 합한 면적) \* 100% 식으로 계산된다.

4. 실험결과

경동맥을 촬영한 MRA 영상을 이용하여 경동맥 협착증 측정하기 위해 인텔 P4 1.7 GHz 프로세서에 768MB의 메모리, 64MB의 비디오 메모리를 가진 NVIDIA TNT2 Model 64 그래픽 카드 및 Visual C++, Matlab을 사용하였다. 본 논문에서는 경동맥의 측상 단면 MRA 영상을 사용하여 경동맥 협착증을 측정하기 위해 영상획득, 영상분석, 경동맥분할, 경동맥 루멘(lumen) 및 플라그(plaque) 분할 및 경동맥 협착증 정도 측정 과정을 수행하였다. 그림 14는 각각의 MRA 단면 영상에서 분할된 총경동맥 또는 내경 동맥에서 혈관 두께를 제거한 면적, 제거하지 않은 면적 및 혈류영역으로 플로팅한 그림이다. 그림 14에서 첫 번째 선은 혈관두께를 포함하여 분할된 경동맥의 면적을, 두 번째 선은 혈관두께를 제거하여 분할된 경동맥의 면적을, 마지막 선은 분할된 혈류영역의 면적을 나타낸다. 면적의 계산은 분할된 해당 영역의 픽셀 개수를 사용하였으며, 참고로 턱, 분지, 입, 코, 눈과 같은 신체의 특정 위치를 단면 영상의 시작 위치와 동일하게 표시하였다. 그림 15는 각각의 MRA 단면 영상에서의 경동맥 협착증 정도를 보여주고 있다. 그림 15에서 첫 번째 선은 혈관두께를 포함하여 계산된 협착증 정도이고, 두 번째 선은 혈

관의 두께를 제거하고 계산한 협착증 정도를 보여주고 있다. 두 번째 선에서 최고점이 전형적인 혈관조영 투영 영상을 사용하여 측정된 결과와 대략적으로 동일할 것으로 판단된다. 참고로, 각각의 경우에 해당되는 경동맥 협착증의 정도에 대한 평균값을 계산하여 보여주고 있다. 그림 16은 그림 15의 두 번째 선의 최고점에 해당되는 MRA 단면 영상에서의 분석결과를 보여주고 있으며, 그림 17은 136개의 MRA 단면 영상을 MIP 방법을 사용하여 재구성한 영상으로 분석한 결과로서 그림 15의 두 번째 선의 최고점에 해당되는 부분을 보여주고 있다. 본 연구에서 수행한 43 증례, 86 개의 경동맥 협착 정도 측정치와 방사선과 의사의 판독치와의 비교 분석 결과는 다음과 같다. 정상으로 판독된 78개의 경동맥 협착 정도 측정치(혈관포함)의 통계값들은 23.3%(평균), 19.8%(중간값), 25.0%(최빈값), 8.9-64%(범위), 8.0% (평균편차), 11.2%(표준편차)이며, 혈관을 제거하고 측정한 통계값들은 7.6%(평균), 6.9%(중간값), 7.1%(최빈값), 3.7-18.8%(범위), 2.5%(평균편차), 3.4%(표준편차)이다. 협착으로 판독된 3개의 경동맥의 값은 각각 85.4%(혈관포함), 42.9%(혈관제거)이고, 75.2%(혈관포함), 34.6%(혈관제거)이며, 범위값으로 정상과 협착을 구별하여 볼 때, 1개의 경동맥에 대한 측정치가 20.5%(혈관포함), 7.4%(혈관제거) 값으로 false-negative 결과를 가진다. 폐색(occlusion)으로 판독된 5개의 경동맥의 측정치는 혈관포함, 제거의 경우 공히 100%의 측정

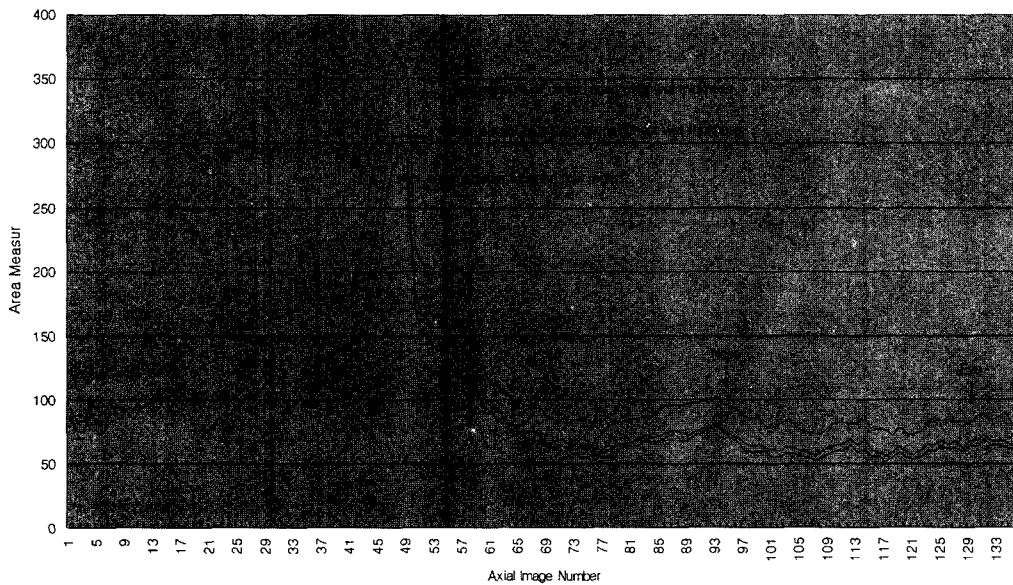


그림 14 혈관두께를 포함하여 분할된 경동맥의 면적, 혈관두께를 제거하여 분할된 경동맥의 면적 및 분할된 혈류영역의 면적

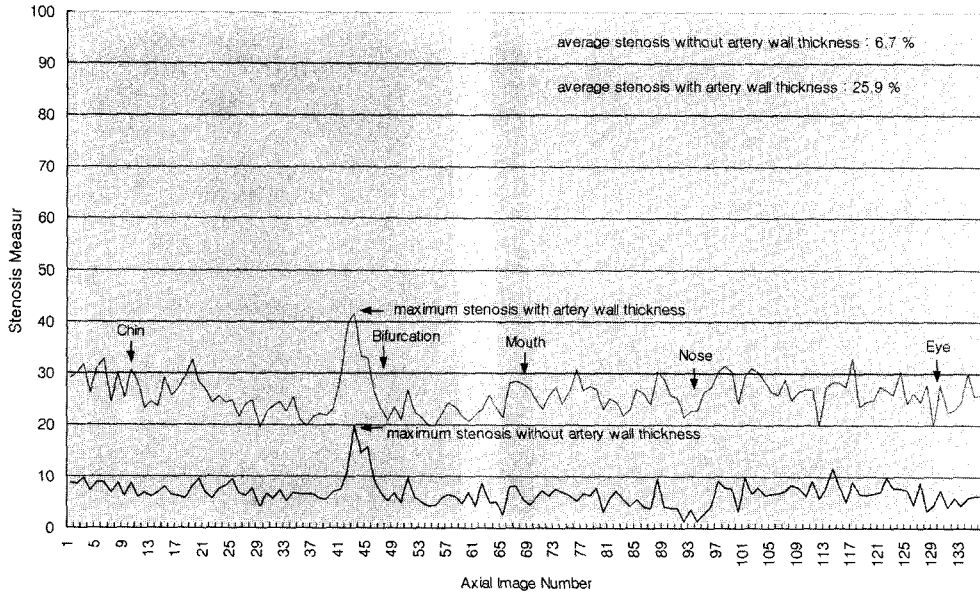


그림 15 혈관두께를 포함하여 계산된 협착증 정도 및 혈관의 두께를 제거하고 계산된 협착증 정도



그림 16 최고의 경동맥 협착증 위치에 해당되는 MRA 단면 영상

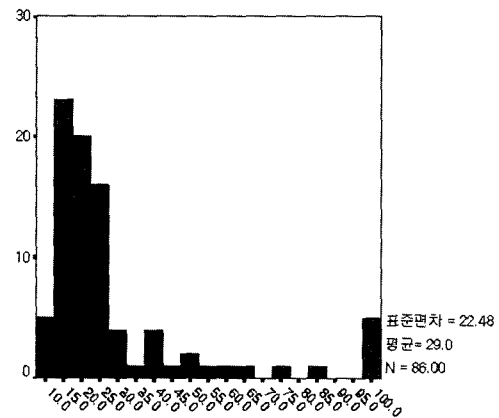


그림 18 협착 정도에 대한 누적 dot수 분포(혈관포함)



그림 17 최고의 경동맥 협착증 위치에 해당되는 재구성된 MIP 영상

치를 가진다. 혈관을 포함, 제거하여 측정한 86개의 경동맥의 협착 정도의 누적 dot수 분포는 그림 18, 그림 19와 같다. 단지 협착의 유무와 폐색으로만 분류하는 방사선과의 정성적인 진단 결과와 본 연구에서 제안한 새로운 내경 측정 방법에 의한 정량적인 협착 정도와의 비교 분석에 어려움이 따르고 있으나, 혈관을 제거하고 측정된 협착 정도가 방사선과 의사의 판독 결과와 근접한 것으로 판단된다. 또한, 방사선과 의사의 판독 결과도 판독자의 훈련 및 경험에 따라 측정 결과가 다른 점을 감안하여 볼 때 객관적인 비교 분석에는 어려움이 따르고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 2D FSE (fast spin echo) 방법을 사용하여 촬영된 경동맥 영상

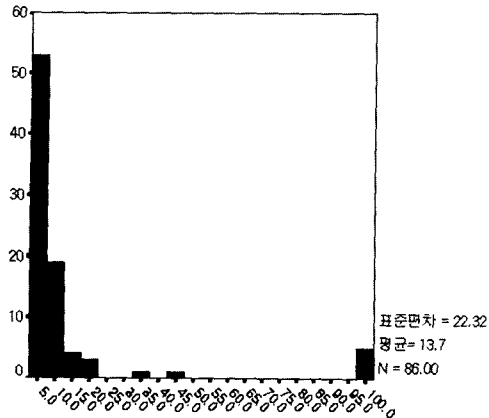


그림 19 협착 정도에 대한 누적 도수 분포(혈관계)

을 이용하여 혈관 두께를 정확하게 분석하는 방법 및 본 연구에서 제안된 협착 정도 측정 방법의 검증에 의해 경동맥 팬텀의 영상 분석 등의 연구가 차후에 이루어져야 될 것으로 판단된다. 본 논문에서는 혈관조영 투영 영상을 사용하고 잔존하는 루멘의 직경을 이용하여 협착증을 진단하는 기존의 방법과 달리, 단면 영상을 사용하고 혈류영역의 면적을 사용한 새로운 협착증 측정 방법은 기존 방법에 비해 시간이 절약되고, 서로 다른 측정자 및 기관간의 측정 결과의 변화가 최소화될 것으로 판단된다.

5. 결론

경동맥 협착증을 측정하기 위해 MRA 영상을 사용하였으며, 각 증례의 볼륨 데이터 크기는 512\*512\*136 이고, 픽셀 크기는 0.43mm, 절편의 두께는 1.4mm인 43 증례의 경동맥을 촬영한 MRA 영상에 대해 컴퓨터화한 경동맥 협착증 측정 방법을 구현하였다. 본 논문에서는 혈관조영 투영 영상을 사용하여 협착증을 진단하는 기존의 방법과 달리 단면 영상을 사용하였으며, 기존 방법에 비해 시간이 절약되고, 서로 다른 측정자 및 기관간의 측정 결과의 변화가 최소화할 것으로 판단된다. 차후 새롭게 제안된 협착증 측정 방법의 검증을 위해 경동맥의 팬텀 연구 및 기존의 방법을 이용하여 측정된 결과와의 상호 비교, 검토 분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 분할된 경동맥의 윤곽선(outline)의 원형 형태를 파악하여 협착증을 진단하는 방법과 분할된 경동맥의 3 차원 볼륨을 이용한 협착증 진단 방법 등을 고안해 볼 필요성이 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

[ 1 ] F. Rodriguez, "Screening for Carotid Artery Stenosis and Performance of Carotid Endarterectomy in Select

Asymptomatic Patients of Cost-effective," *McGill Journal of Medicine*, pp. 35-41, 1999.

[ 2 ] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators, "Beneficial Effects of Carotid Endarterectomy in Symptomatic Patients with High-Grade Carotid Stenosis," *New England Journal of Medicine*, Volume 325, pp. 445-453, 1991.

[ 3 ] European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group, "Randomized Trial of Endarterectomy for Recently Symptomatic Carotid Stenosis : Final Results of the MRC European Carotid Surgery Trial(ECST)," *Lancet*, Volume 351, pp. 1379-1387, 1998.

[ 4 ] P.M. Rothwell, R.J. Gibson, J. Slattery, C.P. Warlow, "Prognostic Value and Reproducibility of Measurements of Carotid Stenosis : A Comparison of Three Methods on 1001 Angiograms," *Stroke*, Volume 25, pp. 2440-2444, 1994.

[ 5 ] S.J. Hessel, D.F. Adams, H.L. Abrams, "Complications of Angiography," *Radiology*, Volume 138, pp. 273-281, 1981.

[ 6 ] P.M. Rothwell, R.J. Gibson, J. Slattery, R.J. Sellar, C.P. Warlow, "Equivalence of Measurements of Carotid Stenosis : A Comparison of Three Methods on 1001 Angiogram," *Stroke*, Volume 25, pp. 2435-2439, 1994.

[ 7 ] NEMA Draft Standards, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)," Part 1-14.

[ 8 ] M.J. Calotto, "Histogram Analysis Using a Scale-Space Approach," *IEEE Transaction on PAMI*, pp. 121-129, 1987.

[ 9 ] J.R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, pp. 177-179, John-Wiley & Sons, Inc, 1997.

[ 10 ] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, *Digital Image Processing*, pp. 491-494, Addison-Wesley, 1992.

김도연

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 30 권 제 9 호 참조

박종원

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 30 권 제 9 호 참조