

## 3D 영상 재구성을 통한 복부대동맥과 상장간막동맥과의 각도에 관한 연구

— A Study on the Angle between the Abdominal Aorta and the  
Superior Mesenteric Artery by 3D Image Reconstruction —

광주보건대학 방사선과 · 광양보건대학 방사선과\*

김영근 · 최성관\*

### — 국문요약 —

상장간막동맥 증후군은 일반적인 검사에서 매우 탐지가 어려운 십이지장 만성폐색의 원인으로 대두되고 있다. 그러므로, 십이지장의 횡행부가 상장간막동맥과 복부대동 사이를 지나가기 때문에 복부대동맥과 상장간막동맥 사이의 각도가 좁아져 십이지장 폐색의 원인을 야기시킨다.

이 각도의 측정은 일반혈관촬영으로는 복잡하고, 종종 부정확한 결과를 초래한다. 또한 한국인을 기준으로 각도 측정에 관한 시도 및 자료가 없는 실정이다.

따라서 본 연구자는 3차원 영상재구성을 위하여 범용컴퓨터에서 실행가능한 Rapidia S/W를 이용함으로써 복부대동맥으로부터 상장간막동맥기시부의 각도를 측정하였는데, 상장간막동맥증후군이 없는 일반 환자를 대상으로 복부전산화단층촬영의 3차원영상을 이용하였다.

이 실험의 결과 상장간막동맥과 복부대동맥의 평균각도는  $50.05 \pm 15.87^\circ$ 이고 남자의 평균각도는  $53.64 \pm 16.57^\circ$ 이고 여자는  $46.46 \pm 14.98^\circ$ 로 남자의 각도가 약간 더 크게 나타났다. 이러한 연구를 통하여 얻은 각도가 상장간막동맥 증후군의 진단하는데 매우 중요한 지표가 될 것으로 사료된다.

## I. 서 론

의료영상장비 기술의 발전과 다기능 영상분석 프로그램이 개발됨에 따라 촬영장비에서도 고대조도, 고해상도의 영상을 획득하기 위한 연구와 인체내부의 입체적 영상을 나타내기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근에는 전산화단층촬영기(Computed Tomography, CT), 자기공명영상장치(Magnetic Resonance Imaging, MRI)와 같은 의료영상장비는 해부학적 영상획득 중심에서 인체의 각 부분에서의 기능적 영상까지 구현하는 방법으로 발전하고 있으며, 더욱 세밀하고 신속하며, 정확하게 인체구조를 파악

하기 위해 다검출기 전산화 단층촬영기(Multi-Detector Computed Tomography)와 같은 장비가 개발되어 사용되고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 다검출기 전산화 단층촬영기를 이용하여 2차원 영상을 얻은 후 범용컴퓨터에서 영상분석 프로그램인 Rapidia S/W version 1,2(3D Med inc, Korea)를 이용하여 3차원영상으로 재구성함으로써 진단적 가치가 높은 입체영상을 얻을 수 있다.

상장간막동맥 증후군(Superior Mesenteric Artery Syndrome, SMAS)이라 함은 상장간막동맥과 복부대동맥이 이루는 각도가 좁은 경우 복부대동맥과 상장간막동맥 사이를 지나가는 십이지장의 횡행부가 눌러 십이지장의 만성

폐색 증상을 나타내는 질환으로 진단이 어려운 것으로 알려져 있다. 이 질환이 의심되는 경우, 복부대동맥에서 상장간막동맥이 분지(Branch)하는 각도를 측정하여 진단에 도움을 받을 수 있으나 기존의 방법인 혈관촬영술은 환자가 누워있는 상태에서 X-선의 조사가 횡측면으로 조사되므로 과다노출에 의한 환자의 피폭과 영상의 질이 좋지 않기 때문에 정확한 각도 측정이 복잡하고 부정확하다. 또한 정상 한국인에서 상장간막동맥이 분지하는 각도는 지금까지 연구된 바가 없어 참고할만한 정상값(기준값)이 알려져 있지 않다.

따라서 본 논문에서는 복부질환의 진단을 위해 복부 전산화단층촬영 혈관조영술(Computed Tomography Angiography, CTA)을 시행한 환자의 2D 이미지를 3차원 볼륨 렌더링(3D volume rendering)에 의한 최대강조투영법(Maximum Intensity Projection, MIP)을 이용하여 복부대동맥에서 상장간막동맥이 분지하는 각도를 범용컴퓨터에서 영상분석 프로그램인 Rapidia S/W version 1.2(3D Med inc. Korea)를 이용하여 측정하고, 평균값과 표준편차를 구한 후, 이 값을 정상 기준값으로 참조할 수 있는지를 알아보기 위하여 이 연구를 시행하였다.

## II. 실험대상 및 방법

### 1. 실험대상

서울소재 S-대학병원에서 2001년 7월중 다른 복부질환이 의심되어 복부 전산화 단층촬영 혈관조영술을 시행한 환자를 대상으로 하였다. 이들의 연령분포는 18~78세이며, 남자환자가 157명, 여자환자가 45명으로 약 3배 정도 많았고, 연령별 나이분포는 표 1과 같다. 또한 질환별로는 간장질환이 112명으로 가장 많았으며 질환별 분류는 표 2와 같았다.

표 1. Distribution according to age

연 령 별	환 자 수
40대 이하	44
50대	68
60대	57
70대 이상	33
합 계	202

표 2. Distribution according to the name of a disease

병 명 별	환 자 수
Rectal Cancer	5
Colon Cancer	7
Pancreatic Cancer	11
Renal Disease	21
Liver Disease	112
etc	32
합 계	202

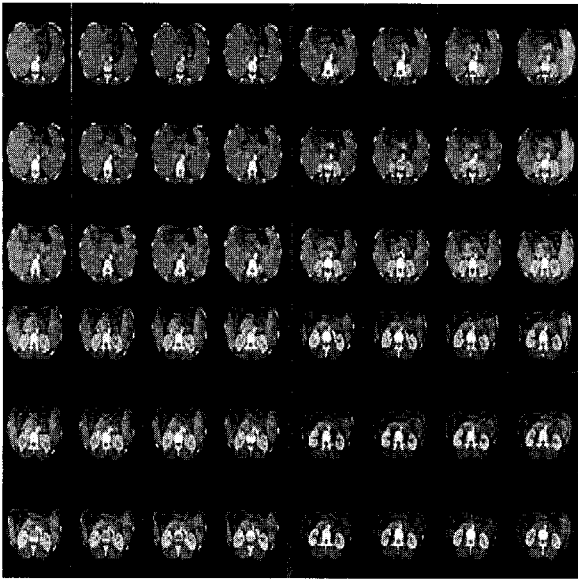
### 2. 영상획득 방법

CT는 수학적 연산법을 이용하여 인체의 구조를 다양한 대조도의 차이로 나타내는 형태의 단층촬영법이다. 따라서 CT의 검사법은 인체를 투과한 방사선을 검출하여 인체단면에 대한 흡수차를 컴퓨터처리(Computer Processing)에 의하여 진단적 가치가 있는 영상으로 재구성하는 것이다.

CTA 영상을 얻기 위한 가장 중요한 요소 중의 하나는 volumn data, 즉 raw data 또는 scan data를 응용하는 것이다. 이러한 원리를 이용하여 CTA에서는 나선형단층촬영기(Spiral CT)의 기본원리와 기술 그리고 3차원 볼륨 렌더링에 의한 MIP의 과정을 통해 비로소 혈관영상을 볼 수 있다<sup>3)</sup>.

전산화단층촬영기기에서 볼륨(체적)스캔(volumn scan) 시 최대한 정확하게 해부학적 정보를 나타내기 위해 연속적인 볼륨데이터를 얻었으며, 검출능을 높이기 위해 다검출기로 영상 데이터를 얻었다. 복부 CTA를 시행한 환자의 2차원 영상(2D images, 그림 1)을 범용컴퓨터에서 영상분석 프로그램에서 영상 재구성이 가능한 Rapidia S/W를 이용하여 3D 볼륨 렌더링 기법인 삼차원 영상으로 재구성한 후, 복부대동맥에서 상장간막동맥이 분지하는 부분에서 측방향의 MIP영상으로 나타낸 후 복부대동맥과 상장간막동맥 사이를 각도측정 기능을 이용하여 측정·평가하였다.

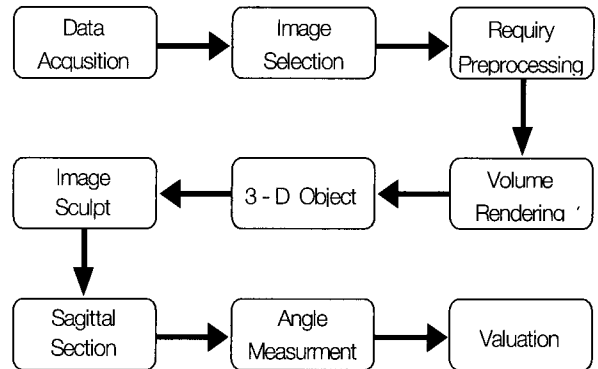
분석에 사용된 모든 영상들의 슬라이스 두께(Slice thickness)는 3 mm로 스캔되었고, 테이블 속도는 5~6 mm/sec 이었으며, 영상의 재구성간격은 1~2 mm로 하였다. 이러한 영상들을 DICOM 형식으로 CD에 기록하여 사용자 PC에 저장하고 고분해능의 Voxels 영상을 만들기 위해 최대한 3 mm를 넘지 않은 작은 슬라이스의 영상들을 선택하였다(그림 1).



임상적 측면에서 의미 있는 영상의 부분은 매우 제한적이거나 국소한 면이 많고 영상처리 속도를 향상시키기 위해 원하는 정보만을 포함한 슬라이스만을 취하는 재분류과정을 거쳤다. 이렇게 하여 대략 50~60 slices의 범위 안에 있는 영상들로 재구성할 수 있도록 영상 데이터량을 적절히 조절하였다.

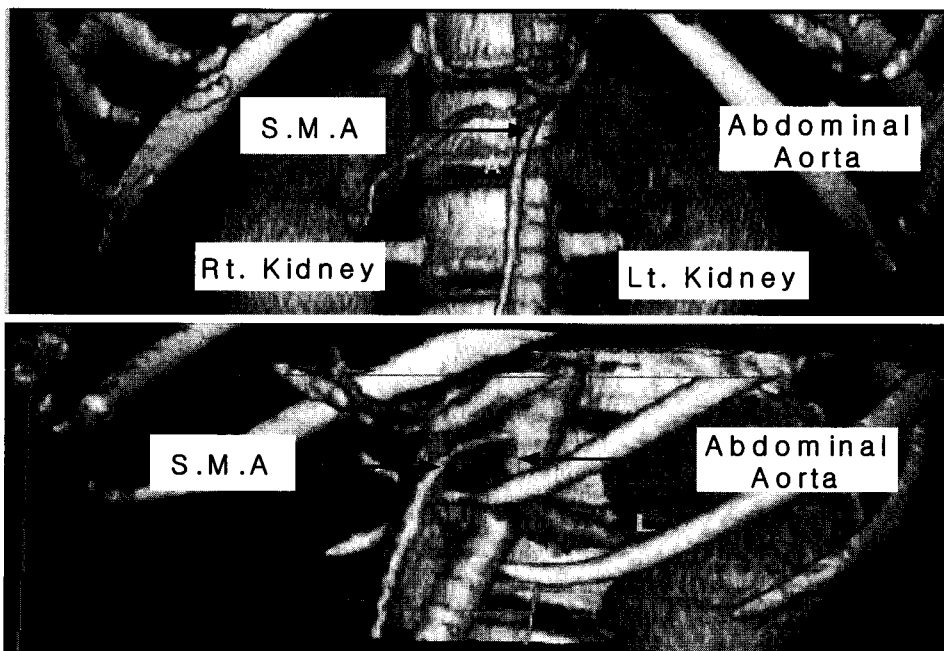
### 3. 영상 재처리 과정

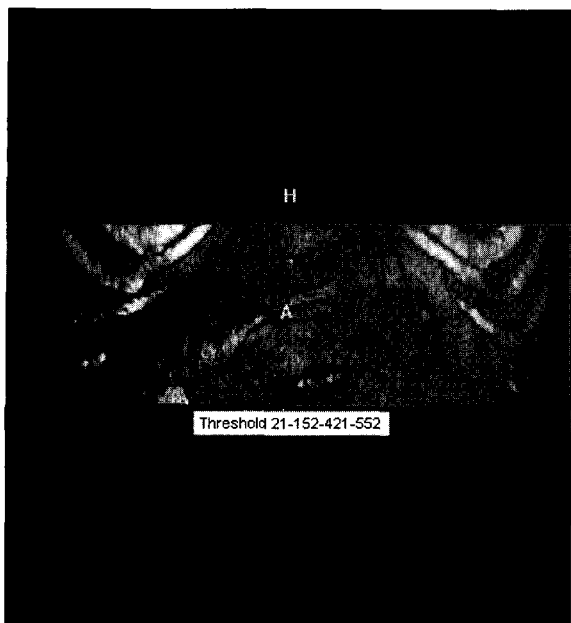
3차원 영상 재구성을 통한 복부대동맥과 상장간막동맥



과의 각도 측정을 위하여 그림 1과 같이 선택된 DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine) 포맷 영상들은 그림 2의 순서에 따라 처리되며, 각 단계에서의 중요 기능 및 변화된 영상들은 다음과 같다.

- ① 각도측정을 하기 위한 환자의 DICOM 이미지를 불러와서 복부대동맥과 상장간막동맥이 포함된 슬라이스들을 선택한다(그림 1).
- ② 영상분석 프로그램에서 3차원(3D volume rendering)으로 재구성한다. 그림 3은 그림 1의 슬라이스들을 이용하여 생성한 3차원 영상 이미지이다.
- ③ 3차원 객체화된 영상의 관심부위가 가장 잘 나타나도록 Threshold value를 조절한다. 그림 4는 피부 부위가 가장 잘 나타나도록 조절된 Threshold value이며, 그림 5는 조영증강된 혈관이 가장 잘 보이도록





한 경우이다. 그림 6은 Threshold value를 더욱 증강시키면 혈관의 모습도 사라지고 뼈만 보이는 경우를 보여주고 있다.

- ④ 각도를 측정할 수 있도록 복부대동맥과 상장간막동맥이 측방향 시상면으로 나타나도록 영상을 회전시킨다. 그림 7은 그림 5의 영상을 각도 측정을 위해 복부대동맥과 상장간막동맥이 보이도록 측면으로 회전한 결과이다.

- ⑤ 3D 영상에서 복부대동맥과 상장간막동맥이 잘 나타나도록 이외의 영상들을 제거(Sculpting)한다. 그림 7에서는 늑골 등이 복부대동맥과 상장간막동맥을 가리고 있어 각도 측정이 어렵다. 따라서 이러한 각도 측정에 불필요한 요소들을 제거하는 과정을 거치고, MIP 기법을 이용하면 그림 8과 같이 각도 측정이 용이한 영상으로 변환시킬 수 있다.

- ⑥ 각도를 측정한다. Rapidia 시스템에서는 마우스를

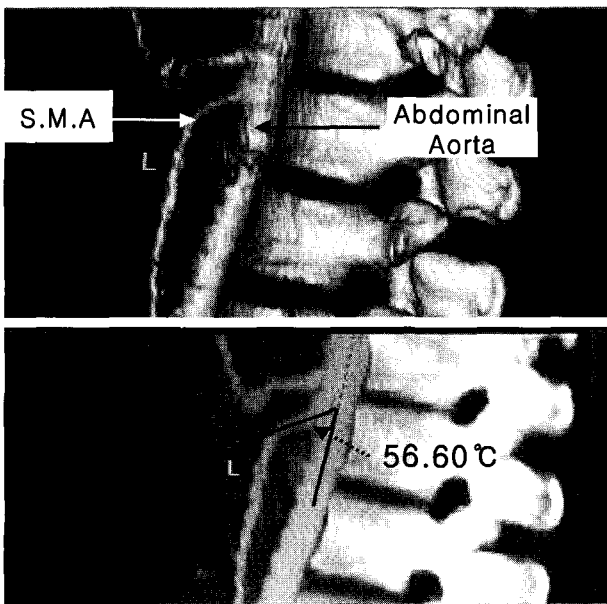
이용하여 손쉽게 각도를 측정할 수 있다. 그림 8에서는 측정된 환자의 복부대동맥과 상장간막동맥 사이에 분지 각도가 56.60°임을 보여주고 있다.

### III. 결과 및 분석

#### 1. 성별, 연령별, 질병별 분석결과

MIP기법을 이용하여 얻은 3D 영상을 상장간막동맥의 분지점이 포함된 시상면을 찾아 복부대동맥과 상장간막동맥의 분지 각도를 얻을 수 있었다. 측정된 결과 전체 평균 ± 표준편차 각도는 50.05 ± 15.87°(남자 53.64 ± 16.57°, 여자 46.46 ± 14.98°)로 표 3과 같이 나타났으며, 나이분포별 결과는 표 4와 같이 40대 이하는 44명으로 49.91 ± 19.90°, 50대는 68명으로 55.24 ± 16.86°, 60대는 57명으로 52.39 ± 14.58°, 70대 이상은 33명으로 47.70 ± 12.94°로 나타났다. 이 실험의 결과는 분지각도의 범위가 45° - 65°<sup>11)</sup>, 38° - 56°<sup>12)</sup>인 외국의 연구사례와 비슷하였다. 또한 질병과의 관계를 알아보기 위하여 각 병명별 분포도를 조사해보니 표 5와 같이 Liver disease에서 52.45 ± 15.09°로 나타났다. 즉, 실험의 결과 다음과 같은 분석결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 성별각도 분포에서 남자는 53.64 ± 16.57°, 여자 46.46 ± 14.98°로 나타났으며 통계처리에 의한 유의수준이 0.010으로 나타나 남자보다 여자가 SMAS의 질환에 걸릴 확률이 높게 나타났다(표 3).



- 2) 연령별 각도 분포는 40대 이하는 49.91 ± 19.90°, 50대는 55.24 ± 16.86°, 60대는 52.39 ± 14.58°, 70대 이상은 47.70 ± 12.94° 나타났으며 통계처리에 의한 유의수준이 0.133으로 나타나 0.05가 넘기 때문에 의미가 없는 값으로 나타났다(표 4).
- 3) 질병에 의한 각도 분포는 Colon cancer가 47.78 ± 21.04, Gastric cancer는 55.37 ± 19.17, Liver disease 52.45 ± 15.09, Pancreatic disease는 56.66 ± 18.72, Rectal cancer 52.43 ± 10.37, Renal disease는 50.71 ± 18.91, 기타는 49.31 ± 18.20으로 나타났으며 통계적 처리에 의한 유의수준이 0.05보다 높은 0.816으로 의미가 없는 값으로 나타났다(표 5).

표 3. ANOVA according to sex

Sex	Male	Female
No.	157	45
Average Angel	53.64°	46.46°
SD	16.59°	15.15°
F-value	6.811	
Level of signification	0.010	

표 4. ANOVA according to age

Age	~ 49	50 ~ 59	60 ~ 69	70 ~
NO.	44	68	57	33
Average angle	49.91°	55.24°	52.39°	47.70°
SD	19.90°	16.86°	14.58°	12.94°
F-value	1.887			
Level of signification	0.133			

#### 2. SMAS 환자 분석

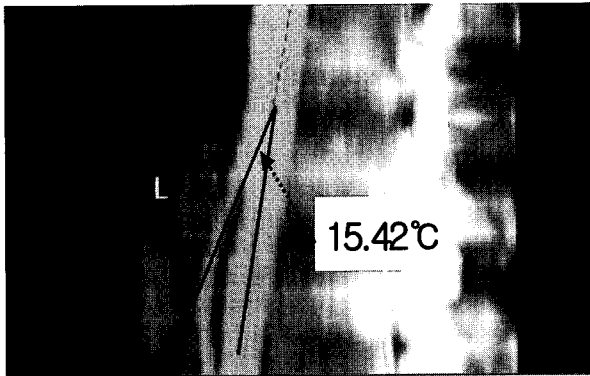
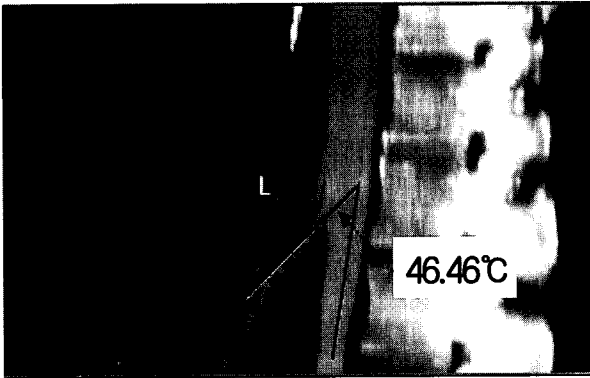
본 연구에서는 SMAS 환자를 진단하기 위하여 2장에 언급된 것처럼, 다른 질환으로 CT 복부촬영을 시행한 환자들의 CTA 2차원 이미지를 재사용하여 3차원 영상으로 변환한 후, 복부대동맥과 상장간막동맥 사이의 분지 각도를 쉽게 측정할 수 있음을 보였다. 그림 9는 조사된 여자의 평균각도(46.46°)를 나타내는 환자이며, 그림 10은 조사 대상 여자 중 가장 낮은 각도(15.42°)를 보인 환자의 영상이다. 개인 정보보호 차원에서 환자에게 직접 연

표 5. ANOVA according to disease

Disease	No.	Average angle	SD	F-value	Level of signification
Colon Ca.	7	47.78°	21.04°	0.489	0.816
Gastric Ca	14	55.37°	19.17°		
Liver disease	112	52.45°	15.09°		
Pancreatic disease	11	56.66°	18.72°		
Recal Ca	5	52.43°	10.37°		
Renal disease	21	50.71°	18.91°		
etc	32	49.31°	18.20°		

#### IV. 결 론

3차원 볼륨 랜더링(3D volume rendering)과 MIP 영상 재구성 기법에 의한 전산화단층촬영 혈관조영술을 이용하여 복부대동맥과 상장간막동맥의 분지(Branch) 각도를 측정된 결과 평균각도는  $50.05 \pm 15.87^\circ$ 로 나타났다. 또한 성별각도 분석에서 유의수준이 0.05보다 낮은 0.010으로 나타나 남자에 비해 여자가 SMAS에 유발될 확율이 높다는 것을 알 수 있었다. 기존의 혈관촬영술은 환자의 피폭선량의 증대와 영상의 질저하로 정확한 촬영과 각도 측정이 곤란하다는 단점이 있었으나, 본 논문에서 제시한 MIP 영상 재구성 기법에 의한 CTA를 이용함으로써, 상장간막동맥 분지 각도의 측정이 쉽고 보다 정확한 측정이 가능하였다. 또한 PC에서도 위와 같은 3차원 영상의 생성 및 분석이 가능하여, 앞으로 워크스테이션 등의 고가장비에 의존하고 있는 현실을 대체할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 측정된 상장간막동맥의 분지 각도는 향후 SMAS를 진단하는데 중요한 지표로 이용될 수 있으리라 사료된다.



락하여 증상을 확인할 수는 없었지만, 이 환자가 SMAS 환자일 가능성은 매우 높다고 할 수 있다. 외국의 연구사례<sup>11)</sup>에서는 10~22° 사이를 SMAS 환자군으로 분류하고 있다. 따라서 더욱 많은 임상검사를 통하여 복부대동맥과 상장간막동맥 사이의 분지 각도에 따른 자세한 증상들이 조사된다면 본 연구의 결과가 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 김동욱 외 11인, Clinical usefulness of 3-D image rendering using DICOM images in cardiovascular system, 대한 PACS학회지 pp.41-47, 2001.
2. Frank H, Netter, The ciba collection 3, Volumn 3 Digestive System, pp.16-17, 1979.

3. 김영근, 김정삼 외, CT영상학, 청구문화사, pp.313-318, 1997.
4. 마상철, 구효근 외, 혈관조영·중재적 방사선과학, 대학서림, pp.180-181, 2001.
5. 김병수, Spiral CT를 이용한 간 종괴의 간별진단에 관한 고찰, 부산의대학술지, 제33권 제2호, 1993.
6. 송인욱, Spiral CT of angiography, 부산경남CT학술회, 1984.
7. 임홍선의 2명, CT 3D에 관한 고찰, 대한방사선사협회지, 제19권 제1호, 1992.
8. 최장호외 7명, Spiral CT를 이용한 dynamic liver scan, 대한방사선의학회지, 제30권 제3호, 1994.
9. 김동우, 3차원 의료영상의 가시화, Journal of K-society of digital Imaging Technology, Vol. 4, No. 1, pp.212-219, 1998.
10. 신인철, 3-dimensional virtual Endoscopy의 임상 적용, Journal of K-society of Digital Imaging Technology, Vol. 4, No. 1, pp.58-61, 1998.
11. Wolfgang Dahnert, M.D., Radiology Review Manual(4th), Williams&Wilkins, pp.715-716, 1999.
12. Ulises Baltazar, MD, Superior Mesenteric Artery Syndrome, Southern Medical Journal, Vol.93, No. 6, pp.606-608, June 2000.

• Abstract

---

## A Study on the Angle between the Abdominal Aorta and the Superior Mesenteric Artery by 3D Image Reconstruction

Young-Keun Kim · Sung-Kwan Choi\*

*Dept. of Radiotechnology, Kwang-Ju Health College*

*Dept. of Radiotechnology, Kwang-Yang Health College\**

SMAS(Superior Mesenteric Artery Syndrome) is a disease caused by a chronic obstruction of the duodenum(transverse portion), which is hardly detectable. However, it is known that when the superior mesenteric artery and abdominal aorta form a narrow angle, that the transverse portion of the duodenum is pressed down between the superior mesenteric artery and the abdominal aorta, and that this can lead to obstruction of the duodenum. Measuring this angle is a complicated job using conventional angiography, and results often turns out to be inaccurate. In addition, no attempt has been made to determine the value of this angle in Koreans.

In this study, we conducted abdominal CT angiography using MIP(maximum intensity projection) on patients with no clinical evidence of SMAS in order to determine the angle at which the superior mesenteric artery branches from the abdominal aorta by using PC based software(Rapidia ver. 1.2) for the image reconstruction. Accordingly, we found that the mean angle between the abdominal aorta and the superior mesenteric artery was  $50.05 \pm 15.87^\circ$  on average, and that the angle in men( $53.64 \pm 16.57^\circ$ ) is higher than in women( $46.46 \pm 14.98^\circ$ ).

We hope that the angles determined by our study will serve as an important indicator for detecting SMAS.

---

**Key words** : Maximum Intensity Projection, Superior Mesenteric Artery Syndrome, 3D Volume Rendering, Rapidia S/W, Computed Tomography Angiography