

혈관조영술(DSA)의 원리와 임상적 응용

韓 萬 青

(正 會 員)

서울대학교 醫科大學 放射線科學教室

I. 서 론

인체에 발생하는 여러가지 질환의 진단, 치료 및 예후결정에 있어서 혈관의 분포 및 상태변화의 관찰은 매우 중요하다.

혈관조영술은 1950년대 Seldinger씨 법의 등장으로 선택적 혈관조영술의 진단적 가치 및 그 임상적 응용은 널리 인정되고 있다.

그러나 혈관조영술의 단점으로 동맥천자 및 도관삽입이라는 시술의 어려움과 후유증을 지적할 수 있고, 이에 대한 대안으로 시도된 경정맥 동맥촬영술도 조영제의 대량사용과 영상불량으로 인하여 발전하지 못하였다.

최근 computer의 도입으로 대표되는 전자기술의 발전등으로 혈관, 특히 동맥의 저농도 조영상을 전산처리로서 숫자화하여 증강, 가산 또는 감산시키는 기법이 개발되어 1970년대 후반에 이르러 임상으로도 응용되게 되었다.

이러한 전산화 감산 혈관조영술(digital subtraction angiography: 이하 DSA로 약함)은 종래의 혈관조영술의 기본수기에 전산시스템을 복합시킨 것으로 그 임상적 효과는 매우 큰 것이다.

II. DSA의 원리와 사용

1. 혈관조영술의 원리

인체의 모든 기관은 동맥에 의해 영양 및 산소공급을 받고 있으며 정맥에 의하여 그 사용된 혈액을 다시 심장으로 보내고 있다. 따라서 동맥의 분포 및 상태변화를 관찰하면 그 기관의 병리상태의 유무와 질병의 종류 및 진전상태를 알 수 있다.

혈관 그 자체와 혈액은 주위 조직과의 X-선 흡수계수(absorption coefficient)차이가 거의 없으므로 단순 X-선 촬영하에서는 관찰할 수가 없다.

따라서 혈관을 촬영하기 위하여는 조영제(contrast media)라는 X-선 흡수계수가 큰 요도함유 용액(iodide containing solution)을 혈관에 주입하여 혈액과 혼합시킴으로써 혈관을 X-선 영상에서 직접 관찰할 수 있고 이것을 혈관조영술이라 한다.

이때 조영제의 혈중 농도를 높게 유지하기 위하여 대퇴동맥을 비롯한 동맥을 직접 특수침으로 천자하고 여기에 polyethylene으로 된 도관(catheter)을 삽입하여 원하는 장기부위까지 동맥을 따라서 진입시킨 다음 고압자동 주입기로 다량(20-30ml/sec)의 조영제를 주입하면서 동시에 촬영하게 된다.

빠른 혈류의 속도를 따라 영상을 얻기위하여 초당 2-6 필름의 속도로 연속촬영을 하거나 초당 30-90 frame의 영화촬영(cine-angiography)를 실시하기도 하는 것이다.

이때 대퇴동맥의 천자 및 도관삽입을 위하여는 입원한 후 수술준비에 준하는 사전준비가 필요하고 혈관조영술을 시행한 후에도 1-2일 입원하여 관찰하여야 한다. 또한 시술자의 경험과 병원에 따라 다르지만 심각한 합병증(complication)이 0.01-0.1%에서 야기될 수 있다. 다만 이러한 혈관조영술은 질병의 정확한 진단을 위하여, 혹은 외과적 수술전의 혈관구조에 대한 정보를 얻기 위하여 필요하므로 임상적 응용이 전술한 여러 문제점에도 불구하고 계속되고 있다.

2. DSA의 원리

DSA는 저농도의 혈관내 요도 signal을 진단이 가능할 정도의 가시수준으로 증폭시키기 위한 영상처리 시스템이다.

만약 혈관조영술을 위하여 조영제를 정맥에 주입한다면 조영제가 혈류를 따라 우심방, 우심실을 거쳐 폐동맥-폐의 모세혈관-폐정맥을 거쳐 다시 심장으로 들어와서 좌심방-좌심실-대동맥을 지나 촬영하고자 하

는 동맥에 들어가게 된다. 이때 촬영부위동맥에 도달한 조영제의 농도는 극히 낮아서 X-선 촬영상 그 영상이 나타나지 않는다. 이러한 저농도의 조영제가 있는 동맥의 영상을 analog/digital 변환기로 숫자화하여 이를 computer로 처리하고 영상 데이터를 평균(averaging), 합산(summation) 혹은 감산(subtraction)을 하며 linear, logarithmic 또는 exponential 증강법(enhancement)을 사용할 수 있어서 진단이 가능한 혈관영상을 얻게 되는 것이다.

혈관촬영을 할 때 조영제가 주입된 동맥상외에도 척추·늑골등의 골조직과 위, 간, 췌장, 대장등의 연조직이 중복되어 나타나게 된다.

DSA에서는 조영제 출현전의 영상을 조영제 주입후의 영상으로부터 감산하므로써 불필요한 배경의 데이터는 없어지고 원하는 동맥의 혈관 조영상만을 얻을 수가 있다. 이 영상을 여러 방법으로 변환하여 가장 좋은 영상을 얻어 진단에 이용하게 된다.

3. DSA의 장치 및 방법

DSA에 사용되는 장치는 크게 혈관조영장치와 영상처리장치(image processing system)로 구성된다.

혈관조영장치는 X-선 발생장치와 X-선관 및 상중폭관으로서, X-선 발생장치는 motion artifact를 줄이기 위하여 high-flux short-exposure image를 만들어야 하고 완벽한 농도감산을 얻기 위해서 항상 일정한 X-선 출력이 유지되어야 한다. 또한 2중 에너지감산(dual energy subtraction)을 하기 위해서는 신속한 KvP 변환기능을 갖고 있는 것이 이상적이다.

상중폭관은 환자의 흉부, 복부 또는 양쪽 하지를 한 촬영부위내에 포함할 수 있도록 large-field image intensifier 일수록 좋으며 환자의 움직임을 최소화하기 위해 C-arm이나 L-arm 등의 장치에 부착되어 있는 것이 유리하다.

Image acquisition system 중에서 가장 중요한 부분은 image intensifier, TV camera이며, signal-to-noise ratio가 크고 해상도가 높을수록 좋다.

X-선 영상은 image acquisition system을 거쳐서 image processor에 입력되는데, video output signal은 X-선의 체내흡수에 의한 감쇄의 균등한 증폭을 위하여 logarithmic amplifier에 의하여 증폭되어 A/D 변환기에 입력되어 digital format로 변환되어 image processor에 입력된다.

Image processor는 네가지 주된 기능을 갖고 있으며 이는

- 1) X-ray controller
- 2) Image acquisition device
- 3) 영상의 저장 및 display의 조절
- 4) 영상분석 console로서의 역할을 담당한다.

서울대학교 의과대학 방사선과학교실과 의공학교실이 개발한 SRM-III는 혈관조영장치로는 X-선 발생장치 GE 제 MSI-1250KV, 1000mA, 상중폭관은 image intensifier 6"~9" circular, cesium iodide 및 plum-bicon camera로 구성되어 있고, 영상처리장치로서는 DSA-2000(실시간 혈관조영상 처리장치), 영상의 기록을 위하여 VTR victor 제 U-matic VCR, 30 frame/sec를 사용하였다(그림 1).

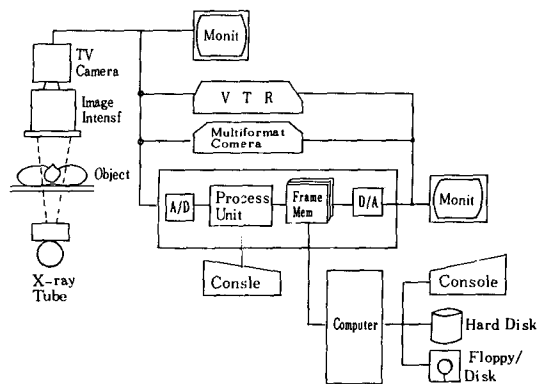


그림 1. 디지털 혈관 조영장치의 개요도

DSA의 기법과 처리는 촬영부위에 따라서 그 정도는 다소간 다르지만 X-ray tube는 대략 70-90 KvP와 200-300mA에서 수행시켰으며 X-ray는 9" mode 의 cesium iodide image intensifier로 검출하였다. 또한 조영제는 iodine 용액이며 몸무게 1kg당 1ml를 기준으로 하여 대개 1초당 12-18ml 씩 총 40-60ml가 되도록 하였다. 보다 좋은 영상을 얻기 위해서 시행시간 동안 가능한 한 호흡을 정지하도록 하였으며 경동맥을 관찰할 경우에는 침을 삼키는 동작도 감산(subtraction)하는데 장애요인이 되므로 되도록 피하는 방향으로 실시하였다.

Mask상과 정맥 주사한 후의 상에 대한 정보는 video camera로부터 많은 image frame을 순서대로 analog-to-digital 변환하여 video memory에 digital data로 저장함으로써 채집된다. 이러한 data들을 integration하고 평균하여 noise가 어느 정도 제거된 표준 영상을 각각 만든 후 감산을 시행함으로써 원하는

경쟁택 동맥조영술을 television 화면에 display 할 수 있다.

우리의 시스템에서는 혈관조영상을 실시간으로 처리하여 display 할 수도 있으며, 또한 VTR을 완충기로 사용하여 off-line으로 필요한 영상들을 수집하였다가 필요할 때 처리할 수도 있도록 하였다.

감산처리는 linear와 logarithmic procession을 선택하여 수행할 수 있는 algorithm으로 구성되어 있으며 혈관이 black level로 보이고 배경이 white level로 보이도록 data를 반전하였다.

또한 감산할 때 gray level의 bias를 곁여 줌으로써 영상해석에 보다 더 도움을 줄 수 있도록 하였다. 이렇게 얻어진 영상은 대조차가 적으므로 이를 상대적으로 강조하기 위해서 영상 scaling을 이용한 증가 algorithm을 사용하여 혈관을 보다 검게하고 artifact와 noise가 섞인 배경은 아주 하얗게 함으로써 보다 윤곽을 뚜렷이 했다. Digital화 하여 처리하였기 때문에 이러한 영상들은 명료하고 거칠게 보일 때가 있으며 이

런 경우에는 smoothing routine(9 points weighted smoothing)을 선택하여 보다 실제에 가까운 영상을 나타낼 수가 있다(그림 2).

4. DSA의 장단점

일반적으로 혈관조영술과 비교하여 DSA의 장점과 단점을 고찰해보면 다음과 같다.

장점:

- 1) 동맥을 천자하는 혈관조영술보다 정맥을 천자하는 DSA가 시술이 용이하다.
- 2) 동맥천자에 따르는 합병증이 발생하지 않는다.
- 3) 혈관조영술에서 사용되는 필름현상이 아니고 전자적인 영상처리로 시술시간이 30분 정도로 짧다.
- 4) 입원을 하지 않고 외래에서 촬영이 가능하다.
- 5) 시술후에 소견의 판독이 즉시 이루어질 수 있다.
- 6) X선 필름이 필요없어 경제적으로 절약되는 바가 크다.
- 7) 혈액학적 데이터를 얻을 수 있어 진단에 도움을 준다.

단점:

- 1) 영상의 명세도가 혈관조영술보다 우월하지 않다.
- 2) 중첩되는 동맥의 여러 분지들이 함께 나타나 진단이 어려운 경우가 있다.
- 3) 촬영범위가 좁아 1회에 촬영할 수 있는 부위의 크기에 제한이 있다.

5. DSA의 감산의 종류

일반적으로 DSA의 감산 방법은 3가지로 나뉘며 다음과 같이 설명할 수 있다.

1) 시간적 감산(temporal subtraction)

시간 경과에 따른 2개 집단의 영상 즉 조영제 주입 전 영상을 주입후의 영상에서 감산하는 방법이다.

2) 에너지 감산(energy subtraction)

투과력이 강한 고전압의 X-선을 이용한 영상과 투과력이 약한 X-선의 영상 상호간에 감산하는 방법으로 연부조직등의 소멸로 인하여 진단효과가 높아진다.

3) 혼합감산(hybrid subtraction)

시간적 방법과 에너지 방법을 합한 방법으로 가장 이상적으로 할 수 있고 현재 임상응용을 위하여 개발 중에 있다.

III. DSA의 임상적 응용

환자의 진료를 위한 DSA의 임상적 응용의 실제를 서울대학교병원의 경우로 소개하면 다음과 같다.

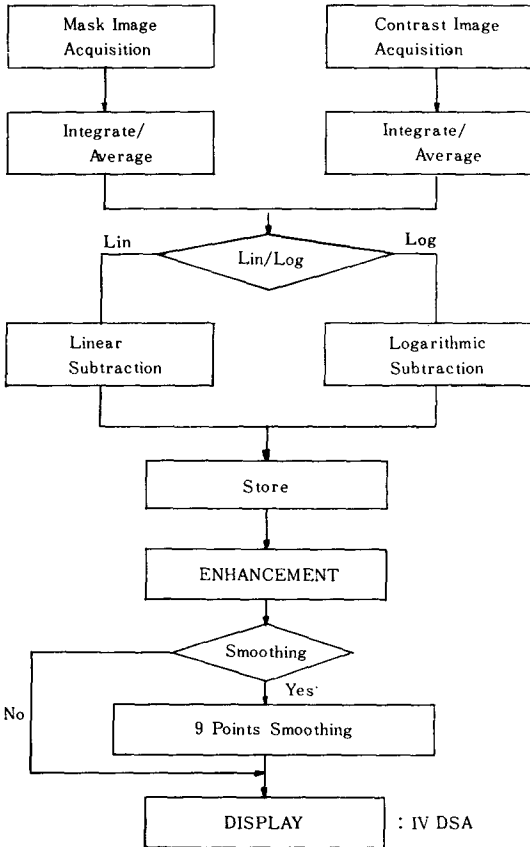


그림 2. Flow chart

1. 대상 및 방법

서울대학교병원 진단방사선과에서 1981년 8월부터 1985년 4월까지 DSA를 시행한 환자 총 477명을 대상으로하여 서울대학교병원 진단방사선과와 의공학과가 공동으로 개발한 실시간(real time) DSA 장치를 사용하였다.

촬영방법으로는 환자를 투시대에 높이고 전주정맥(antecubital vein) 또는 대퇴정맥(femoral vein)을 Seldinger씨 법으로 천자하여 도관을 삽입하고 투시하에 상 또는 하대정맥(superior or inferior vena cava)에 위치시킨다. 조영제는 통상 자동 주입기로서 초당 15-20ml로 총 40-60ml를 주입하였다. 조영제 주입을 정맥대신에 동맥에서 하는 경우를 경동맥 DSA(intra-arterial DSA)라 하며 이 경우에는 정맥 주입량의 1/3-1/5을 사용하였다.

영상채집은 환자의 호흡을 중지시킨 가운데 주입된 2-3초부터 시작하여 약 10-25초간 하였으며 신속한 영상처리를 하여 DSA 상을 얻었고 multiformat 카메라로 필름에 영상을 옮겼다.

2. 임상적 응용 및 고찰

전체 447명의 환자중 경정맥 DSA가 243명(54%)로 경동맥 DSA보다 약간 많았으나 1984년 이후 경동맥 DSA가 점차로 많아지는 추세에 있다.

촬영부위별로는 전체 447명에서 시행한 464회의 촬영에서 복부동맥이 175회(38%)로 가장 많았고 두경부가 156회였고 흉부대동맥, 사지동맥의 순서로 많았다.

가장 많았던 흉부부 대동맥과 그 분지를 침범한 질환들을 보면 혈관질환이 77례로서 가장 많았고 이들중에는 29례의 Takayasu 동맥염을 비롯하여 대동맥류, 죽상동맥경화증, 박리성동맥류등의 혈관질환이 있었다.

DSA의 적응증을 대체로 열거하여 보면

1) 동맥경화증, Takayasu씨 동맥염, 동맥류등 혈관의 모양을 변화시키는 여러 질환의 경우 혈관 변화의 위치와 정도의 규명

2) 간암이나 신세포암등의 고혈관성 종양에서의 혈관분포

3) 신장이식후의 혈관상태 관찰 및 혈류의 양적 분석

4) 신장 이식시의 신세포자의 혈관분포검사

5) 신성 고혈압의 진단

등을 들 수가 있다.

최근에 들어서 경정맥 DSA와 경동맥 DSA가 병존하는 형태로 발전하고 있는데 이는 경동맥 DSA가 DSA의 일반적인 장점을 갖고 있으면서 DSA의 해상력과 상층첩의 단점을 보완하기 때문으로 사료된다. 경동맥 DSA는 조영제의 양을 최소로 줄일 수 있으므로 신장기능이 나쁜 환자에서 혈관촬영이 필요한 때 선택될 수 있는 검사법 이기도 하다.

경동맥 DSA의 증가추세에 대한 외적 요인을 분석해 보면 우선 중재적 방사선과학(interventional radiology)의 발전으로 동맥색전술(arterial embolization)이나 경피적 동맥성형술(percutaneous angioplasty)의 시술시 시술전후의 혈관상태를 신속히 판단할 수 있다는 점과 전산화 단층촬영술등 여러 영상법으로 이미 확인된 병변에서 수술전에 병존할 수 있는 다른 혈관병변의 가능성을 배제하기 위한 경동맥 DSA의 실시를 들 수가 있다. 또한 소아의 경우 혈관조영시 혈관내경이 작기 때문에 성인에서 보다 높은 확률의 동맥혈전증등의 합병증을 초래할 수 있으므로 보다 가는 도관을 사용하고 혈관내에 도관이 내재하는 시간을 최소한으로 줄임으로써 이러한 합병증을 최소한으로 줄이고 최소량의 조영제를 사용하여 검사할 수 있는 경동맥 DSA의 활용이 날로 증가하고 있다.

DSA는 비록 경미한 시술의 합병증은 있지만 혈관조영술에 있어서는 간편하고도 안전한 검사로서 임상적 활용이 더욱 기대된다.

IV. 결 론

저자는 DSA의 원리와 장단점을 요약하였고 서울대학교병원 진단방사선과에서 최근 4년간의 경험을 토대로 DSA의 임상적 응용이 관하여 고찰하였다.

DSA는 경정맥 혹은 경동맥으로 사용될 수 있는 안전 용이한 혈관조영술로서 필름과 조영제를 절감할 수 있으며 여러 질환의 혈관병변을 정확히 나타낼 수 있는 검사법으로 앞으로 이의 적절한 임상적 응용이 기대되는 바이다*

◆ 用 語 解 說 ◆

user's group

디지털 계산 체계를 사용하는데서 얻은 지식을 공유하고, 개발한 프로그램들을 교환할 기회를 사용자에게 주기 위한 다양한 계산 체계의 사용자들로 이루어진 구성체.