

Digital Subtraction Angiography

智山看護保健專門大學 放射線科

高 聖 鎭

Digital Subtraction Angiography

Seong Jin Ko

Dept. of Radatechnology, Ji San Junior college, Pusan, Korea

I. 緒 論

一般的인 撮影시스템에서 靜脈에 造影劑를 注射하여 動脈造影像을 얻기 위한 方法 (intravenous arteriography) 은 1939年에 Robb와 Steinberg^{1,2)}에 의해 報告되어 施行되었으나, 이 方法은 大量의 造影劑가 必要할 뿐 아니라 血管의 造影像과 組織間의 減弱差가 적어 從來의 필름·스크린 시스템으로는 좋은 像을 얻기가 어려웠다.

그 후, 動脈內에 直接 造影劑를 注入할 수 있는 導子法 (catheterization technique)의 개발로 經靜脈 血管造影術은 退潮現象을 보였다. 실제 이러한 變遷過程은 影像의 對照도와 解像能의 向上은 疎하였으나, 造影術의 侵襲性 (invasive)을 초래하여 檢査의 어려움과 合併症을 유발 할 수 있었다.

1935년 독일의 Ziedes des Plantes^{1,3)}에 의해 처음 試圖된 subtraction法은 寫眞影像에서 원하지 않는 影像을 除去하기 위한 寫眞學的方法으로, 診斷의 必要한 部分을 쉽게 觀察할 수 있는 技法으로 익히 잘 알려져 있으며 現在에도 血管造影에 많이 利用되고 있다.

放射線科學의 눈부신 發展에 따라 C.T가 등장함에 따라 컴퓨터를 利用한 撮影法이 活潑하게 開發되면서 T.V모니터 螢光增倍管, 電子機器 等의 向上으로 影像의 숫자화記錄 (digitization)이 가능 해짐에 따라 Digital Subtraction Angiography(D.S.A)가 開發되어 각광을 받기 시작하여 血管造影術에 급속히 實用化 되고있어 文獻을 통하여 記述하고자 한다.

II. 基本原理 및 構成

Digital radiography (이하D.R)는 從來의 필름스 크린 시스템 (Fig.1) 대신에 컴퓨터에 의한 光電子的

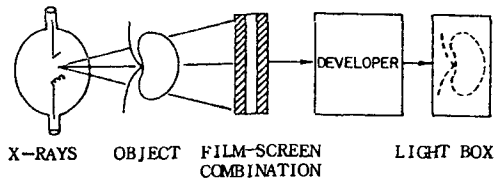


Fig.1. Conventional radiography

인 影像記錄裝置를 利用한 것으로 人體를 透過한 X線을 檢出器로 받아서 이것을 電氣信號로 變換시킨 후 digital化하여 診斷目的에 따라 畫像처리를 한후, 다시 analog化 하여 나타내는 방법이다 (Fig.2).

DR裝置의 構成은 影像增倍管, T.V카메라, 컴퓨터 시스템과 부속설비, 비데오시스템, A/D變換器 (analog → digital), D/A變換器 (digital → analog)로 나눌 수 있다^{4,5,6,7)}

從來의 放射線 寫眞攝影에 必要한 裝置는 X線管과 發生裝置, 影像記錄裝置 (필름·增感紙), 필름現像機, 관찰대 (view box) 등이 있어야하고, 아나로그 방법 즉 필름 subtraction technique 은 방법 자체가 複雜한 過程을 거쳐야 함은 물론 現象過程을 거쳐야할 뿐아니라 또 다시 관찰대에 의한 判讀을 해야하는 不便이 따랐다. 그러나 D.R시스템의 構成은 X線源만 必要로한다는 점이 앞의 方法과 같고 필름이 있어야할 곳에 필름 대신 影像增倍管과 비데오카메라가 있어야 한다. 즉, 一般的인 透視方法과 同一 하지만 影像을 T.V모니터에 描寫하거나 비데오테이프 또는 비데오너스크에

録畫 (analog 記憶裝置) 하는 대신 컴퓨터 記憶裝置 또는 磁氣 tape, disk에 録畫 (digital 記憶裝置) 또는 影像처리 한다는 점에 큰 차이가 있는 것이다. 즉 비데오信號는 A/D變換器가 숫자화한 signal로 바꾸고 影像의 各部分에 만들어진 숫자를 影像記憶裝置에 記憶하게 된다. 언제라도 다시 像을 보고자 할때는 숫자화로 저장된 像을 다시 D/A變換器에서 video signal로 바꿔 T.V모니터에 나타낼 수 있다.

비데오카메라에 發生한 비데오影像시그날은 A/D變換器에 도달 하기전에 로그增幅器를 거쳐 走査線 形態의 시그날을 發生한다 (Fig.2)

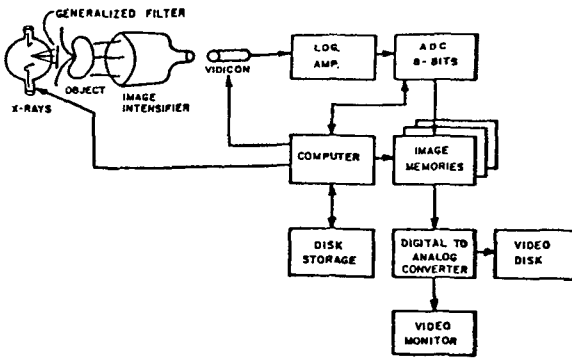


Fig. 2. The primary compents of a digital fluoroscopy system

展示影像내의 各 水平走査線은 影像의 밝기에 따라 電壓波形으로 나타나고, 이 電壓시그날이 A/D變換器로 들어오면 連續적으로 變化하는 形態를 時間差를 두고 集計周波數에 의하여 集計하게 된다. 즉 連續變化性의 아나로그 波形이 숫자화 된다는 것으로 變換器에서 發生하는 숫자의 범위가 디지털 影像의 對照度 解像能 즉 gray scale을 정의하고 集計時間差에 의하여 空間解像能이 決定된다. 아나로그 시그날이 A/D變換器로 들어가서 變換되는 過程은 Fig.3,4와 같다.

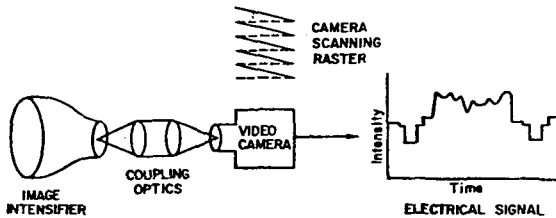


Fig.3. The video camera, through optical coupling, views the output phosphor of the image intensifier.

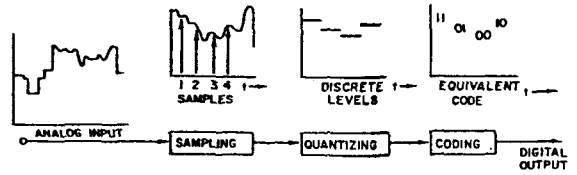


Fig.4. The analog voltage signal generated for each horizontal video line is the input for the A/D convert.

Ⅲ. D.R시스템의 分類^{4,7,8,13)}

D.R시스템은 像을 얻는 방법에 따라 Digital Video Fluoroscopic 시스템 (D.F) 과 Scan Projection Radiographic 시스템 (SPR) 그리고 Plain digital radiographic 시스템으로 구분 할 수 있으며, 各 各의 特徵이 있다.

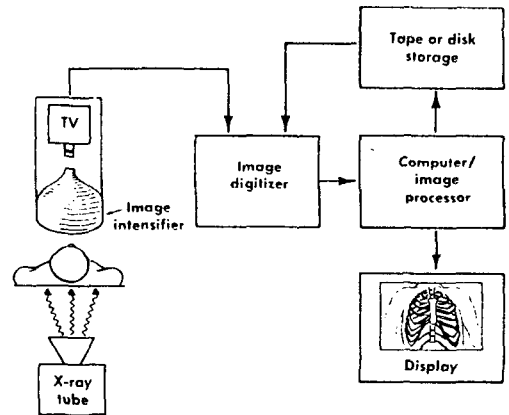


Fig.5. Computerized fluoroscopy

1. Digital (Video) Fluoroscopy (D.F) (Fig.5)

DF시스템은 1976年 Winsconsin大學의 Mistretta, Arizona大學의 Nudelman, Christensen에 의해 독자적으로 研究되어 血管造影이나 개를 이용한 動物實驗^{9,10)}도 하고 頸動脈, 腹部大動脈, 心臟등의 血管造影術을 施行하여 臨床에 응용하여 좋은 結果를 얻은 報告도 있다^{10,11,12,14)}

D.F는 現在 가장 급속히 實用化 되어가고 있는 分野로 팔목 할만한 발전을 하고 있으며, 그 중 DSA가 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

D.F를 臨床응용면에서 보면 從來의 施行해오던 經靜脈性動脈造影의 새로운 개발 이라고 할 수 있다.

DSA는 필름스크린 시스템 보다 對照度가 높아지는 까닭에 造影劑를 靜脈에 注入 하면서도 動脈造影을 할 수 있을 뿐 아니라 從來의 필름을 利用한 subtraction technique 으로 描寫할 수 없었던 微細한 濃度差를 얻을 수 있다는 점을 고려 할 때, 이러한 方法이 때늦은 감이 있다고도 할 수 있다.

DSA의 技法을 살펴보면 造影劑를 靜脈에 注射하여 血液循環에 의해 目的하는 血管에 도달한 造影像과 mask像을 subtraction 하여 造影劑(動脈) 이외에 나타난 像을 消去하여 高對照度의 血管像(subtraction像)을 real time 으로 얻는 方式이다^{4,7,13}). D.F는 최근 半導體 技術의 발달에 따라 畫像을 digital化하여 像을 蓄積시키고 digital subtraction 하므로 비교적 簡単하고 위험이 적으며 非侵襲性(non-invasive)^{7,10,14}) 이기 때문에 血管造影檢査에 좋다.

2. Scan Projection Radiographic 시스템 (SPR)^{4,7,8,13}

SPR은 適正部位의 斷層面을 決定하기 위해 C.T에서 먼저 使用 해왔는데, 線束을 조절하여 환자를 移動시키면서 走査 하는 方法과 線束을 移動 하면서 走査하는 方法이 있다(Fig.6).

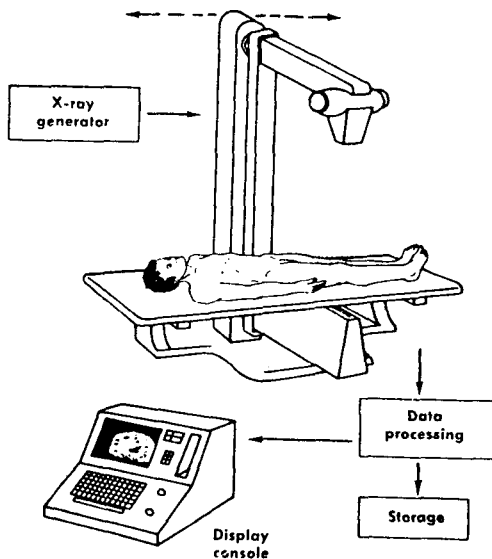


Fig. 6. Scanned projection radiography device

여기서 사용하는 檢出器는 效率이 좋은 scintillator나 高濃縮된 Xenon 이 利用된다.

3. Plain digital radiographic system^{5,6}

日本 Fuji社가 개발한 것으로 환자의 X線情報를 정밀하게 檢出하는 Imaging plate 라는 螢光體를 필름스크린 시스템 대신 使用하여 X線像을 電氣信號로 變換하여 컴퓨터에 의해 畫像情報처리를 하고 이 情報를 빛으로 變換하여 필름에 記錄하여 現像處理 하는 system이다. 이것은 여러차례 소개가 되었고 1982년 도 아세아 학술대회에서 소개가 되었으므로 참고 하기 바라며 설명을 略한다.

IV. Subtraction의 原理 및 方式

1. 原理^{4,7,8})

DF시스템에서 subtraction을 하기 위해서는 우선 造影劑를 注入하기 前의 mask像을 memory 1에 記錄하고 加算技能에 의해 여러개의 frame의 畫像을 重復시켜 積分 시킨다. 이렇게 하므로서 量子 noise나 T.V noise, 즉 S/N 比 ($SNR = \text{signal to noise}$)를 억제하는 效果를 얻을 수가 있다. 다음에 目的部位에 造影劑가 充滿된 畫像을 memory 1의 mask像과 subtraction해서 이 subtraction像을 memory 2에 넣어 記憶케 한다.

Subtraction을 反復할 경우 memory 2의 subtraction像을 重復 하면되고 또, 이 subtraction한 造影像2를 血管을 더욱 강조한 像으로 變換할 경우에는 gray level window를 조절하고 γ 補正을 한후 D/A 變換器에서 아나로그 信號로 變換시켜 볼 수 있다.

2. 方式 (mode)^{4,7,8,23}

Subtraction方式에는 pulse image mode, continuous image mode, time interval difference(TID) mode, 그리고 post process mode가 있다.

1) Pulse image mode (Fig.7)

이 mode는 從來의 필름 Changer에 의한 連續攝影과 같이 秒당 數回의 X線照射에 同期시켜 subtraction像을 만드는 方式으로 像을 順次的으로 重復 시킴으로서 1枚의 subtraction像(積分像)을 完成 시키는 mode이다.

從來의 subtraction technique과 마찬가지로 造影前의 影像을 記憶 시킨다음(필름 대신에 컴퓨터에 기억시키는것이 다름) 造影劑가 目的部位에 도달하면 數回 X線을 照射하여 造影像을 얻은 후 mask像과 結合하여 subtraction한다.

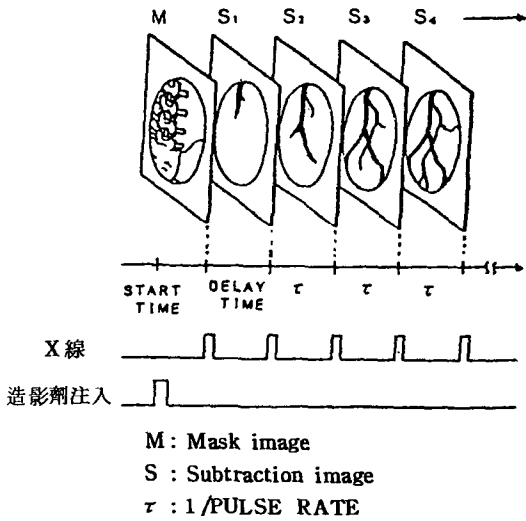


Fig. 7. Pulse image mode

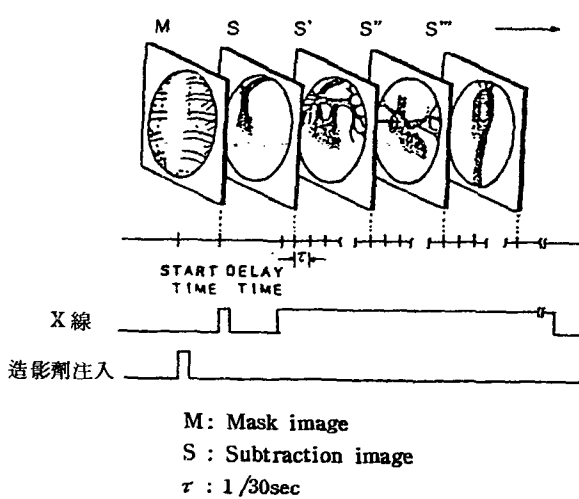


Fig. 8. Continuous image mode

이 subtraction 像은 memory 2에 重復되어 積分된다. VDR에는 subtraction 像과 subtraction 積分像이 상호 記錄되어 2대의 모니터로 mask 像과 subtraction 像을 同時에 볼수 있는것도 있다.

이러한 mode는 비교적 움직임이 적은 部位 즉 腦血管, 頸動脈, 腹部動脈, 四肢血管 등에 알맞다.

2) Continuous image mode (Fig.8)

이 mode는 從來의 cine 撮影과 같이 T.V frame

速度 (30 frame/sec)에서 순간의 subtraction 像을 連續의으로 觀察하는 mode이다.

우선 mask 像을 memory 1에 記憶시키고 (그때의 拍動 영향을 작게 하기위하여 1心拍 정도의 mask 像을 重復 시킬수도 있다) 造影劑가 目的部位에 이르러 同時에 連續 X線照射를 하여 造影像을 얻은후 T.V frame 速度로 mask 像과 結合하여 subtraction 하게 된다. 이 subtraction 像은 順次的으로 VDR에 記錄되고 모니터에 real time의 subtraction 像이 나타난다. 또 S/N比를 개선 하기위해 다른 記錄裝置를 使用해서 造影像을 여러개 重復시켜 mask 像을 利用하여 subtraction 하는 方法도 있다. 이 mode는 비교적 움직임이 빠른 部位 즉 心臟, 大動脈, 肺動脈에 적당하다.

3) Time interval difference(TID) mode (Fig.9)

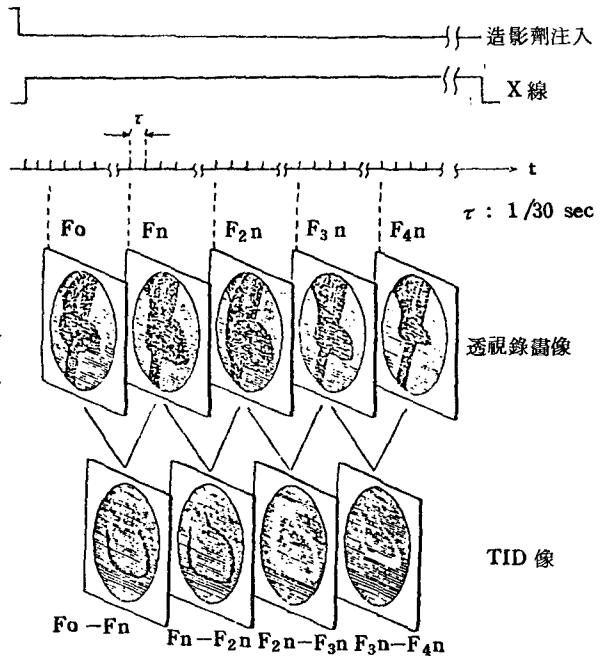


Fig. 9. TID mode

이 mode는 連續된 T.V 像의 임의의 곳에서 順次的으로 subtraction 하는 mode이다. TID mode는 Continuous image mode의 real time 처리와 달라서 VDR이나 VTR로부터 비디오 신호를 入力하는 畫像 처리 方法이다. 入力 videosignal은 continuous im-

age mode로서 VDR(VTR)에 錄畫된 連續畫像이나 透視像이 쓰인다.

T.V 모니터에는 subtraction像이 連續的으로 나타나므로 心室壁運動에 많이 適用하며 造影劑 분포의 短時間 變化를 觀察하는데 適當하다.

4) Post process mode

各種 mode에서 일단 얻어진 subtraction像을 再強調 처리 하는 mode로서 γ 補正이나 gray level window 조절에 의해 가장 보기 쉬운 상태로 觀察, 記錄할 수 있는 方式이다.

V. 要 約

DSA는 解像能에 있어서는 一般的인 血管 造影術에 비해서 다소 못미치지만 少量의 造影劑로도 血管構造를 잘 觀察할 수 있으며 큰 차이의 組織 두께차를 적절히 受容할 수 있으며 필름의 소모도 적게 되었다. DSA는 頸動脈檢査에 가장 중요한 위치를 차지하며 많이 施行되고 있다^{15,16,22}).

血管의 모양을 變化 시키는 여러 질환에서 血管상태나 血流의 變化, 內經도 알수 있다. 최근에는 胸部나 喉頭 等에도 적용하여 一般檢査와 比較하여 좋은 結果를 얻고있다^{17,18,19,20,21}). 또 擴大撮影이나 立體撮影까지 應用하여 좋은 성적을 얻고있다²⁴).

DSA는 보고자 하는 血管像만을 단시간에 볼 수 있고 柔軟性이 있고 非侵襲性(noninvasive)이며 간단한 檢査方法이라는점 等에서 매우 有用한 檢査라 하겠다.

참 고 문 헌

1. Thomas F. Meany, M. A Weinstein, et al.; Digital subtraction angiography of the human cardiovascular system; AJR, 135, Dec. 1980.
2. Charles A, Mistretta, Crummy AB, et al.; Digital angiography; a perspective, Radiology, 139: 273~276, May 1981.
3. Christensen et al.; Introduction to the physics of diagnostic radiology, p. 269~p. 301.
4. Price, Monahan, et al.; Digital radiography: A focus on clinica utility.
5. Fuji 社; Computed radiography (技術資料)
6. Fuji photo film co. LTD; Fuji intelligent diagnostic X-ray system.
7. Toshiba; 東芝X線 TV像デジタルサブトラクツヨ

ン裝置

8. Shimadzu; 島津デジタルサブトラクツヨン 裝置
9. Kruger RA, Mistretta CA, Crummy AB, et al.; Digital K-edge subtraction radiography; Radiology, 125: 243~245, Oct, 1977.
10. Computerized fluoroscopy in real time for non-invasive visualization of the cardiovascular system; Radiology, 130:49~57, Jan. 1979.
11. Peter C. Christenson, et al.; Intravenous angiography; ATR, 135; 1145~1152, Dec. 1980.
12. Gerald. Pond, Robert W. Osborne, et al.; Digital subtraction angiography of peripheral vascular bypass procedures; AJR, 138:279~281, Feb. 1982
13. Philip W. Ballinger; Merrill's atlas of radiographic positions and radiologic procedure, p. 820~826, 1982.
14. J. Werner Ludwig, et al.; Digital subtraction angiography of the pulmonary arteries for the diagnosis of pulmonary embolism; Radiology, 147: 639~645 June 1983.
15. 한만청, 한문희; Digital subtraction angiography; 대한 방사선 의학회지, 제 18 권, 351~356. 1981.
16. Patricia C. Davis, et al.; Work in process. intra arterial D. S. A. evaluation in 150 patient; Radiology, 148;9-15, July 1983.
17. Robert G. Fraser, et al.; Digital radiography of the chest; Clinical experience with a prototype unit; Radiology, 148 1~5, July 1983.
18. Ben Maurice Brown, et al.; Digital subtraction larygography; Radiology, 147: 655-657, June 1983.
19. Joachim H. Bursch, et al.; Assessment of arterial blood flow measurements by digital angiography; Radiology, 141: 39-47, October 1981.
20. Bonnie D. Flannigan, et al.; Intra-arterial digital subtraction angiography: Camparison with conventional hepatic arteriography; Raoliology, 148: 17-21, July 1983.
21. W. Dennis Foley et al; Digital substaction angiography of the portal venous system; AJR, 140 497-499, March 1983.
22. Andrew B. Crummy et al; Digital subtraction angiography: Current status and use of intra-arterial injection; Radiology, 145:303-307, November 1982.

23. Edward Buonocore et al; Anatomic and functional imaging of congenital heart disease with digital subtraction angiography; *Radiology*, 147: 647-654, June 1983.
24. 日本放射線技術學會誌; Digital subtraction Angiography による擴大撮影と(栗井一夫, 東儀英明, 外)立體撮影への應用, p.366~371.