

# 자동노출장치에 대한 검토

지산간호보건전문대학 방사선과  
김 정 민

## Automatic Exposure Control Systems

Jung Min Kim

Dept. of Radiotechnology, Jisan Junior College

### I. 서 론

X선 촬영에 있어서 자동노출기구가 최초로 고안된 것은 1942년 R. H. Morgan에 의해서이며 간접촬영장치에 사용되다가 최근에는 직접촬영장치에도 널리 쓰이게 되었다. 자동노출장치는 문자 그대로 자동적으로 필름농도를 조절하는 장치이지만 특성을 정확하게 파악하고 있지 못하면 이용하는데 한계가 있다.

자동노출장치의 특성 등 몇 가지 점을 고찰하여 자동노출장치 특성에 대하여 설명하고자 한다.

### II. 포토타이머의 기본원리

인체를 투과한 X선은 환자두께와 각 부위의 흡수차에 따라 강도가 달라진다. 그에 따라 일정농도를 내기 위하여서는 투과강도와 조사시간의 곱이 일정하여야 할 것이다. 필름의 농도를 D라 하고, X선강도를 I, 조사시간을 T라고 한다면  $D=I \times T$ 가 항상 일정해야하고, I와 T가 모두 틀리는 일반적인 경우를 생각한다면  $I_x \times T_1 = I_y \times T_2$ 가 성립하여야 할 것이다. 이 경우, 즉 환자의 두께나 피사체의 흡수가 변화되어도

일정한 농도를 낼 수 있을 것이다.

이 원리를 그림으로 나타내면 그림 1과 같이 될 것이다. 횡축은 노출시간을 나타내고 종축은 투과X선 강도를 나타내고 있다. 어느 경우에나 빗금친 부분의 면적이 같으면 농도는 항상 같게 된다.

포토타이머는 현재 직접촬영과 간접촬영에 모두 쓰이고 있으며, 간접촬영에 먼저 실용화 되었다.

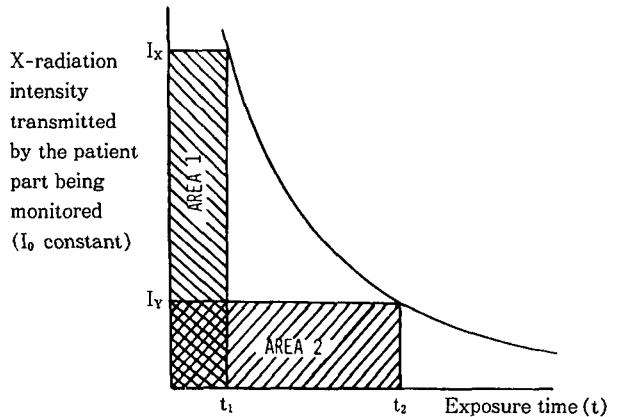


그림 1. 동일농도를 내는 노출시간과 X선량

그림 2는 포토타이머의 동작원리를 알기 쉽게 그린 기본결선도이며 간접촬영의 경우를 나타내고 있다. 보통 삼극X선관이 사용되며 음극 C와 격자 G 사이에는  $-2\text{ kV}$  정도의 격자전압을 인가함으로써 음극에서 전자의 흐름을 저지하고 X선의 노출은 정지된다. 그림에서 피사체 투과 후의 X선은 형광판을 발광시키고 발광되는 빛의 양이 일정한 적산치가 되면 격자전압이 인가되고 적산치를 일정하게 하면 사진흑화도는 일정하게 된다.

먼저 X선노출스위치를 누르면  $S_2$ 는 개방되고 X선이 방사되며 형광판은 발광한다. 형광암상자속에 수광소자를 설치하여 광량을 검출한다.

광전자증배관(PM-tube)에는 약  $1\text{ kV}$ 의 전압이 인가되고 있으며 약 10단의 다이노드에 분할 인가되고 있다.

광전자증배관의 광진음극면에 입사된 빛은 광전자를 방출시키고 각 다이노드에서 증가되어 그 출력은 최종전극 D에서 방출된다.

출력전류는 적분콘덴서 C가 충전되어 방사되는 X선량이 증가됨에 따라 충전전압도 상승되고 사이라트론의 바이어스 전압이 초과되면 사이라트론 V가 방전되어 릴레이 Re 1가 동작된다. Re 1의 동작은 접점  $S_1$ 을 접촉시키고 더욱 Re 2를 접촉시키므로써 3극 X선관의 격자 G에 부전하(負電荷)가 인가되어 X선의 방사는 정지된다.

적분콘덴서 C의 충전전압  $V$ 는  $V=Q/C$ 에 따라 전기량 Q에 비례된다. Q는 충전전류  $i$ 와 시간  $t$ 의 곱이며  $i$ 는 형광판의 발광강도에 비례되므로 결국 콘덴서의 충전전압  $V$ 는 형광판의 발광강도와 발광시간의 곱, 즉 발광량의 적산치에 비례하는 것으로 된다.

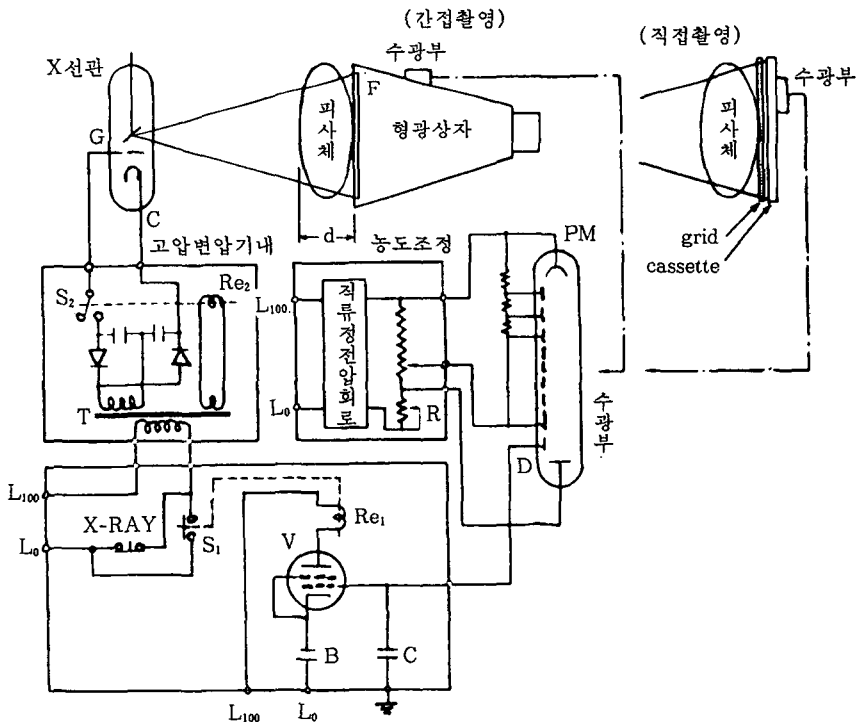


그림 2. Phototimer의 기본결선도

따라서 피사체의 두께나 흡수가 달라져도 발광량의 적산치가 같으면 사진흑화도는 같아진다.

이상이 포토타이머의 기본원리이며 이온타이머는 포토타이머의 발광량의 적산치 대신 전리함(ionization chamber)을 사용하여 X선에 의한 전리전류를 검출하여 제어하는 방법으로 이온타이머(ion timer)라 한다. 이 방식은 유럽 장치들에서 주로 채용하고 있는데 전리함의 출력력이 낮기 때문에 높은 게이트의 증폭기가 필요하다는 결점이 있다.

포토타이머는 X선 양을 카세트 전면에서 검출하는 것과 후면에서 검출하는 것이 있다. 카세트 전면검출법과 후면검출법은 채광방법이 달라 특성에도 다소 차이가 있다.

동작방식에 따라서도 나눌 수 있는데 가장 일반적인 방법으로 관전압, 관전류를 고정하고 조사시간만을 변화시키는 conventional 방식이 있으며, auto shot 방식이라하여 X선조사 중에 관전압을 상승시키고 관전류를 저하시켜 피사체의 흡수가 적은 경우는 비교적 낮은 관전압으로 촬영하고 흡수가 큰 경우에는 관전압을 높게해서 조사시간이 너무 길어지지 않게 한 것으로 주로 소화기계 촬영에 사용한다. 최근에는 피사체 두께와 선질에 따라 X선 노출량을 직선적으로 변화시키지 않고 투시 kVp에 따라 X선량을 기억시켜 노출하는 memory shot 방식도 채택되고 있다.

### III. 용어의 정의

#### 1. 최소응답시간(minimum response time)

최소응답시간이란 시스템이 작동할 때까지의 최소시간을 말한다. 즉, 회로 내에서 발광량 또는 선량의 적산치가 일정수준에 이르러 X선조사를 중지시키는 스위치가 작동할 때까지 가장 짧은 시간을 말한다.

현재 X선 노출시간의 제어방식에는 여러 가지가 있으며 제어방식에 따라 최소 응답 시간

에도 차이가 크다.

포토타이머는 응답시간에 한계가 있기 때문에 특성을 나타내는 경우 농도와 함께 조사시간과의 관계도 중요한 의미를 갖는다.

전자개폐기 제어인 경우 최소응답시간은 0.03초 정도이고 사이리스타 제어인 경우 0.004~0.005초가 된다. 따라서 이보다 단시간에 차단될 수 있는 조건이 설정된 경우이거나 피사체 두께가 매우 얇게 되면 농도는 급격히 증가하게 된다.

#### 2. 최대조사시간(back up time)

최대조사시간이란 exposure가 끝날 때까지 가능한 긴 노출시간이다. 최대조사시간은 별로 신경쓸 필요가 없을 정도로 거의 문제를 일으키지 않는다.

왜냐하면 대개의 노출시간은 프로그램된 back up 시간보다 길지 않기 때문이다. 그러나 때때로 저농도 사진의 원인이 back up time보다 긴 노출시간인 것을 알고 있어야 한다. 이 경우 관전압 또는 관전류를 증가시킴으로써 노출부족을 보상할 수 있으며 back up time을 늘려 줌으로써 같은 효과를 기대할 수 있다. 그러나 이때 density control을 조정하여서는 농도를 증가시킬 수 없다. 그 이유는 미리 설정된 back up time보다 노출시간이 길게 요구되기 때문이다. 관전압이나 관전류를 증가시켜 농도를 상승시킬 경우에는 X선관 정격에 유의하여야 한다.

#### 3. 채광창(field configuration)

채광창이란 포토타이머일 경우 형광을 받아들이는 부분을 말하고 이온타이머인 경우 ion chamber가 위치하는 곳을 말한다. 채광창의 모양은 그림 3에서 보는 바와 같이 1~3곳의 같거나 다른 모양이 촬영목적에 맞게 배치되어 있다.

환자를 촬영할 경우에는 환자부위 중에서도

특히 관심을 가져야 할 부분이 있게 되는데 이 부분을 지배역(dominant zone)이라고 한다.

이 지배역이 채광창에 일치되도록 하는 것이 중요하며 신중을 기하여야 한다. 채광창이 여러개 있는 경우 지배역에 따라 채광창을 한 개, 두 개 또는 전부를 선택하여 할 수가 있다.

그림 3에 몇 가지 채광창의 모양을 소개하고 있는데 (1)은 흉부정면촬영에 주로 이용하는 채광창의 모양이며 (8)은 유방촬영에 이용하고 있는 채광창의 모양이다.

(1)의 흉부정면 촬영용 채광창의 상부에 있는 두 개의 원형창은 양측 폐야의 형광량을 측정하고 중앙의 창은 종격부의 형광량을 측정한다.

(8)의 유방용은 A를 선택할 경우 유방의 베이스 부분을 잘 나타낼 것이고, B를 선택할 경우에는 유방의 주변부와 유두(nipple) 부위를 잘 묘사할 수 있을 것이다.

채광창 후면에는 센서가 있게 되는데 센서의 구조를 살펴볼 필요가 있다. 전형적인 이온타

이머는 세 개의 창을 가지고 있으며 그 용적을 알고 있는 air containing chamber가 있다. 이 chamber는 방사선이 잘 투과되는 절연성물질로 봉해져 있다. 그 바깥쪽에는 역시 방사성투과성(radiolucent)인 전극이 chamber 양쪽에 있어 X선조사에 의해 발생된 전류를 증폭기를 통하여 적분콘덴서에 보낸다. 적분콘덴서의 전압이 미리 설정된 값에 도달하면 X선조사가 끝나게 되어있다. 그림 4는 전형적인 ion chamber를 보여주고 있다. 원형의 두 창과 직사각형 창 of 횡단면과 종단면이 나타나 있다. 반도체검출기 이온타이머도 마찬가지이다. 포토타이머도 이온타이머와 같은 구조를 하고 있으며 ion chamber 대신에 형광물질과 photo sensor가 있다. Ion chamber나 photo sensor가 모두 radiolucent 해야함은 물론이다.

Photo sensor에서는 얇은 형광물질에서 나오는 빛을 받아 광전자증배관에서 증폭되고 전류로 된 신호를 적분콘덴서로 보낸다. 이후의 과정은 이온타이머와 같다.

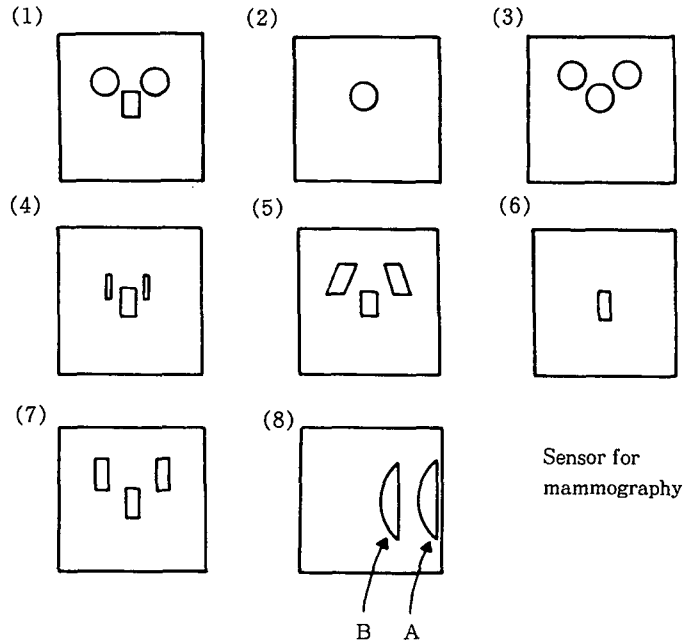


그림 3. 여러 종류의 채광창

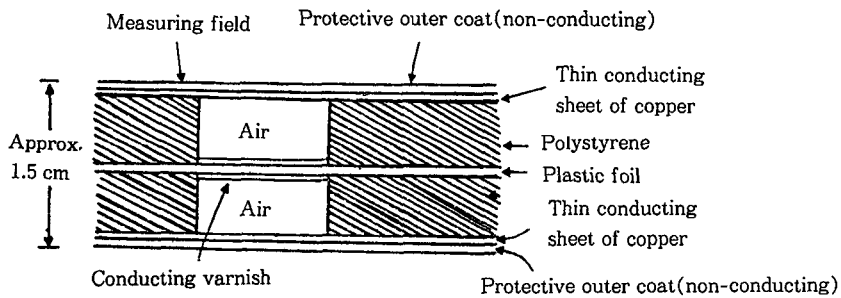
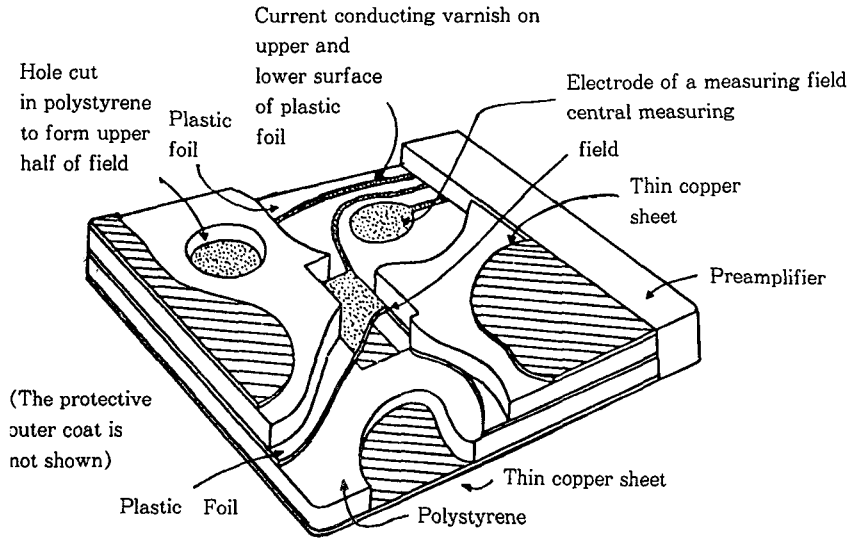


그림 4. 이온타이머의 검출부

#### 4. 농도조절장치(density control)

자동노출장치에서는 인위적으로 농도를 조절할 필요는 없지만 특성에 따라 농도를 증가시키거나 감소시킬 수 있는 농도조절장치가 있다.

일반적으로 조절단자를 normal에 맞추어 놓지만 필름농도가 높거나 낮으면 이 조절단자를 이용하여 농도를 보정할 수 있게 되어 있다.

농도조절장치는 메이커에 따라 무단조절이 가능한 것과 3단, 5단, 7단, 9단 조절이 가능하도록 설계되어 있다. 그림 5는 5단 조절 장치의 예이다.

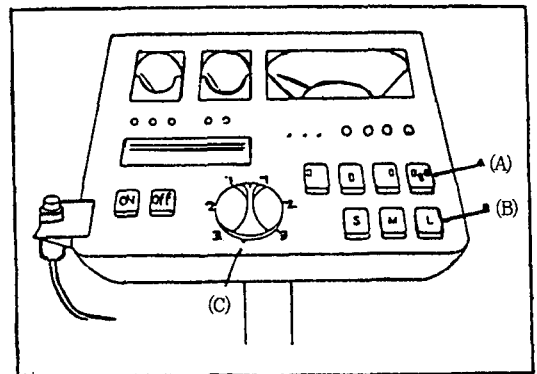


그림 5. (A) 채광창 선택, (B) Field 크기, (C) 농도 조정

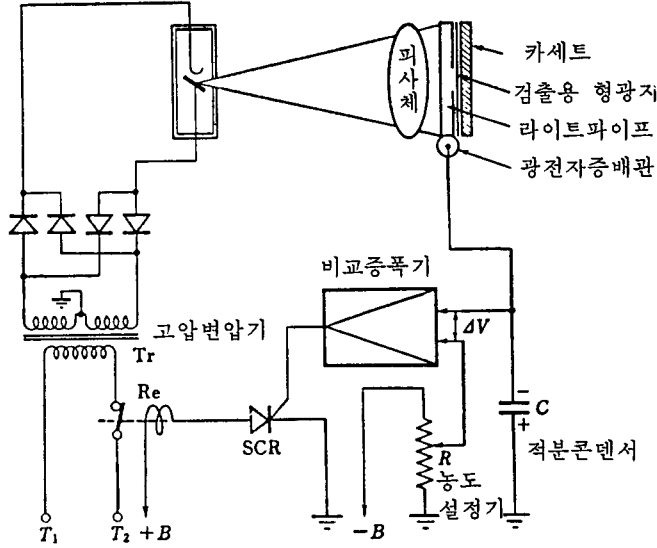


그림 6. 직접촬영용 photo timer의 농도조정원리

자동노출장치의 원리에서 언급한 바와 같이 광량이나 선량을 전류로 바꾸고 적분콘덴서에 일정치를 설정해두면 충전되는 시간동안 노출이 되고 충전전하량이 설정값에 도달하면 노출이 멈추도록 되어 있다고 하였다. 이때 충전전하량을 결정하는 것은 충전회로의 時定數(time constant)에 의한다.

그림 6의 R은 농도설정기로 조정이 가능하다. 농도설정기 R에 의하여 일정한 음전압을 부여하여 두고 X선 조사에 의하여 적분콘덴서의 전압이 음으로 상승하여 입력단자의 전위 또한 음으로 되어가면 어느 시간에는 전위차가 0가 된다. 적분콘덴서의 전위가 이것을 초과하게 되면 출력전압은 빠르게 반전된다. 출력전압이 양이 되므로 해서 SCR은 도통하고, 농도설정기 R의 저항값을 조절하므로해서 출력전압이 반전하는데 필요한 적분콘덴서의 전압이 변하기 때문에 사진농도를 조절할 수 있다.

#### IV. 특 성

##### 1. 카세트 전면검출법

그림 7은 카세트 전면 검출방식에서 검출부

를 나타낸 것이다. 카세트 앞쪽에 형광지를 놓고 그 전후면에 있는 반사판에 의하여 발생된 형광은 전반사(全反射)에 의하여 아크릴판 끝에 부착된 광전관까지 인도된다. 여기에서 형광은 전기적 에너지로 변환되고 증폭된다.

전면검출의 경우 일반적인 특성으로서 검출부 자체의 흡수가 크면 피사체의 흡수 정도에 따라 특성이 변하게 된다. 예를 들면 검출용 형광지의 흡수에 비해서 피사체의 흡수가 충분히 큰 경우는 검출용 형광지의 형광량과 카세트 내의 증감지형광량의 비(比)는 거의 일정하게 유지되지만, 피사체 흡수가 적어지면 검출부의 자체흡수가 영향을 미쳐 형광지의 형광량에 대해 카세트 내의 증감지 형광량은 저하된다. 따라서 검출형광량이 규정치에 도달해도 카세트 내의 형광량은 낮고 사진농도는 낮아지게 된다. 이 영향은 피사체의 흡수가 적고 관전압이 낮을수록 커진다.

두번째로 생각해야 하는 특성으로는 검출용 형광지의 에너지 의존성이 다른데서 오는 특성이다. 형광체는 그 형광물질의 종류에 따라 형광특성이 달라진다. 따라서 카세트 내의 증감지와 검출용 형광지의 형광체가 달라지면 특성도 변화한다. 그림 8은 각종 증감지와 형광지

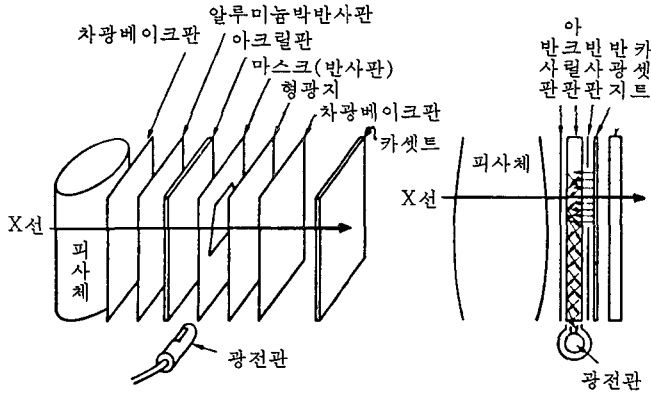


그림 7. 카세트 전면검출법

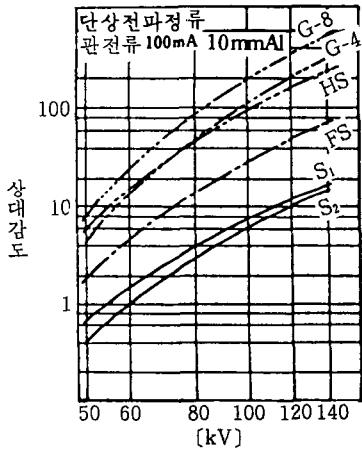


그림 8. 검출용 형광지와 각종 증감지의 특성 비교(증감지와 전증감지만의 감도)

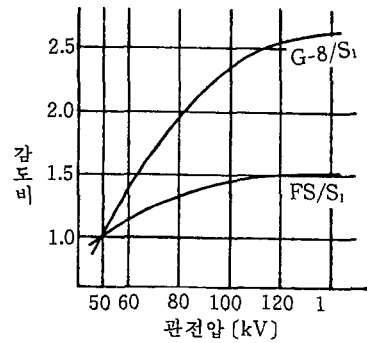


그림 9. 형광지 S<sub>1</sub>과 증감지와와의 감도비 (150 kV를 1로 한 경우)

의 특성을 비교한 것이다.

S<sub>1</sub>은 황화아연계의 형광체, S<sub>2</sub>는 텅스텐산 칼슘 형광체이다. 증전에는 감도를 좋게 한다는 것과 자체흡수를 적게 한다는 점에서 황화아연계의 형광체가 사용되었다.

그림 8, 9은 황화아연계의 형광지와 텅스텐산 칼슘의 증감지(FS)의 형광량의 비를 나타낸 것으로서 40 kV를 1로 하면 120 kV에서는 약 1.5배가 된다. 즉 검출용 형광지의 형광량을 일정하게 해도 관전압이 높아질수록 사진 농도는 높아지게 된다. 또 회로류증감지(G8)

를 사용한 경우에는 이 영향은 더욱 현저해져서 120 kV에서는 형광량은 약 2배가 된다. 따라서 검출용 형광지는 카세트에 사용되고 있는 증감지와 동일 형광지를 사용해야 한다.

포토타이머는 선량제어이며 관전류를 일정하게 하고 조사시간만을 변화시키는 경우에는 피사체 두께에 따라서 조사시간은 대폭적으로 변화된다.

피사체 두께변화에 따른 특성은 조사시간 특성에 의해 좌우되며 일반적으로 두께가 얇을수록 농도가 증가한다.

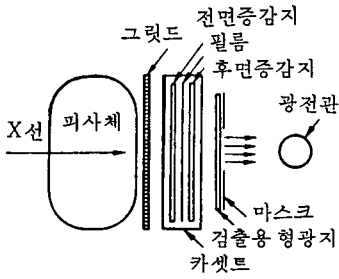


그림 10. 카세트 후면 검출법 원리도

관전압 80 kVp인 경우 팬텀의 두께 10 cm에서는 조사시간은 0.02초이지만 20 cm에서는 약 0.2초로 10배 길어진다. 또 관전압을 120 kVp로 하면 20 cm의 두께라도 조사시간은 0.05초가 되지만, 15 cm 이하가 되면 조사시간이 이 장치의 응답시간이 넘기 때문에 농도가 급격히 증가된다. 이때 관전압을 70 kVp로 하면 조사시간이 0.5초가 되어 피사체 운동에 의한 흐림이 염려된다. 일단 피사체 두께 특성은 두께가 얇아지면 관전압에 따라 농도가 증가하기 때문에 피사체 흡수에 따라 적절한 관전압, 관전류를 설정하여야 한다.

## 2. 카세트 후면검출법

최근의 일반촬영용 포토타이머로는 카세트 전면검출법이 많이 사용되고 있으며, 후면검출의 것은 cassetless changer에 사용하거나 주로 소화기계 촬영에 쓰이는 I.I의 출력으로 제어하는 포토타이머가 사용되고 있다.

카세트 후면검출법의 원리는 그림 10에 표시 하였으며 카세트 후면을 통과한 X선량에 의하여 검출형광지가 발광하고 이 빛을 광전관에서 받도록 되어 있기 때문에 카세트 후면의 흡수가 문제가 되고 I.I 포토타이머인 경우 필름자동이송기구의 증감지 압착판 흡수를 적게 하지 않으면 특성이 현저하게 저하된다.

피사체의 흡수가 어느정도 이상이고 관전압이 비교적 높은 경우에는 필름에 노출되는 형광량과 검출용 형광지의 형광량의 비는 거의

일정해지지만, 피사체의 흡수가 적고 관전압이 낮아지면 후면증감지 및 카세트 후면의 흡수가 커지기 때문에 검출용 형광지의 형광량은 저하한다.

그림 11은 이 관계를 나타낸 것으로 가벼운 카세트로 산란선 방지납판이 없는 경우이다. 50 kVp인 경우의 감도비는 1.5로 검출용 형광지의 형광량에 비해 필름에 노출되고 있는 형광량은 1.5배 정도로 커진다. 그러나 100 kVp가 되면 1.3배 이하가 된다. 따라서 후면검출법의 일반적 특성으로는 낮은 관전압일수록, 피사체 흡수가 적을수록 사진농도는 높아지는 경향이 있다.

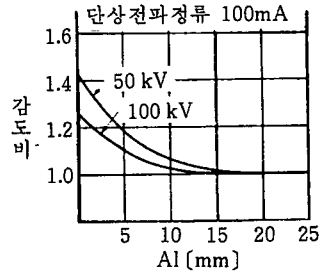


그림 11. 증감지형광량/검출용형광지형광량

## 3. Auto shot 특성

관전압과 관전류를 고정하고 노출시간만으로 농도를 균일하게 하는 방법으로 소화기계에 자동노출장치를 이용할 때, 최대의 문제점으로는 환자체위 변화에 따라 노출시간이 극단적으로 길어지거나 짧아지는 경우가 생긴다. 이때는 관전압 또는 관전류를 변화시킬 필요성을 느끼게 된다.

Auto shot 방식은 주로 소화기계 촬영에 있어서 피사체 두께 변화에 따라 노출시간 변화를 될 수 있는대로 적게 억제하고자 하는 것이다.

이 방식의 기본원리는 피사체의 흡수가 비교적 적은 경우는 낮은 관전압으로 촬영하여 조사시간이 장치의 최소응답시간을 넘지않게 하고 환자체위가 변화하여 흡수가 커지면 관전압



을 높게 하여 조사시간이 너무 길어지지 않게 하는 것이다.

그림 12는 auto shot의 관전압, 관전류, X선 관 부하 및 X선 강도의 시간적 특성을 나타낸 것으로 관전압을 65 kVp에서 135 kVp까지 0.1 초로 변형시킨 것이다.

이 경우에는 65 kVp에서 135 kVp까지 혼합 조사가 된다. 이에 평균선질은 100 kVp에 해당하고 이 변화폭은 피사체 두께에 따라 달라진다. 동시에 관전류는 300 mA에서 100 mA로 저하되며 X선관 부하는 함께 저하된다.

이와같이 조사개시 때에는 관전압을 최소의 피사체 흡수에서도 최소응답시간 이하가 되도록 설정하면 사진농도의 증가를 억제할 수가 있으며 피사체 흡수가 큰 경우에는 시간과 함께 관전압이 높아지고 X선 강도가 증가함으로 보통 포토타이머와 같이 조사시간이 극단적으로 길어지는 경우는 없다.

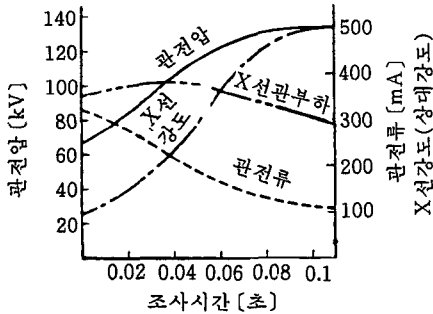


그림 12. X선 관전압, 관전류, X선 강도, X선 관 부하의 시간특성

결과적으로 auto shot 방식은 피사체 흡수 변화에 따른 조사시간 변화가 적고 넓은 범위에 사용이 가능하다는 장점이 있다.

## V. 기술적 고안

### 1. 일반촬영

자동노출장치를 이용할 때에 증감지와 형광

물질이 같은 경우가 이상적이지만 감도가 다른 경우 감도차이에 의한 특성변화를 인식하고 있어야 한다.

Regular 증감지에서 고감도 회토류증감지와 바꾸는 과정에서 자동노출장치는 재조정하여야 하고 광전자 증배관과 사용하는 screen과도 합치되어야 한다.

감도가 높은 필름, 증감지를 사용할 때에 촬영시간이 단축되는 것은 좋지만 너무 짧아져 장치의 최소응답시간 이하가 되면 농도는 급격히 증가하게 된다.

이 때는 mA를 낮춰 노출시간이 길어지도록 하여야 할 것이다. 자동노출장치의 센서가 카세트 후면에 위치하여 X선량에 비례하는 형광을 얻는 장치에서는 카세트 후면의 흡수가 적은 포토타이머 카세트를 사용하여야 한다. 카세트 후면에 산란선을 막기 위한 납판이 부착되어 있거나 부분적으로 재질이 다른 카세트를 사용할 경우에는 소기의 목적을 달성할 수가 없다.

포토타이머 카세트라 하더라도 제조회사마다 흡수특성이 다르므로 X선장치 회사에서 권고하는 카세트를 사용하는 것이 좋다.

다음은 산란선의 문제도 고려하여야 한다. Grid는 산란선을 제거하기 위해 사용하는데 grid의 격자비가 달라지는 경우에 필름농도는 같아지더라도 화질이 급격히 저하되는 경우가 생긴다.

Grid의 중심선속을 잘 맞추지 못할 경우에는 cut off가 되어 평균농도를 맞추어도 전체 농도가 증가하거나 저하하게 된다. 이와 비슷한 경우로 collimation이 크게되어 관심부위 밖의 부분이 필름에 노광되는 경우에 농도저하의 원인이 된다. 예를 들어 lumbar spine lateral 촬영시 spine밖의 부분은 collimation을 정확히 하거나 납판으로 가려주어야 한다. 납판으로 관심부위 바깥쪽을 가릴 때는 채광창을 가리지 않도록 주의해야 한다.

자동노출장치를 사용하여 여러 가지 일반촬영을 할 경우에 가장 흔하게 범하는 실수는 채광창을 잘못 선택하는 것이다. 세 개의 채광창

을 선택해야 할 경우 한 개의 채광창을 선택한 다거나 관심부위 밖의 채광창을 선정한 경우에는 농도를 맞출 수가 없다. 또 다음과 같은 경우에 농도가 높거나 낮아지게 된다.

1) Lumbar 촬영시 채광창부위에 장내 gas 가 우연히 일치될 때

2) 병변으로 인하여 흡수차의 이상이 있는 부분이 채광창 위치에 일치될 때

3) 조영촬영시 조영제가 채광창 부위에 일치 되지 않을 때

4) 병리학적 소견에 의한 투과도의 변화

Atrophy, osteoporosis, emphyema 등의 질환은 관전압을 줄여주어야 할 대표적인 질환이며 반대로 edema, osteoblastic disease, pleural effusion은 관전압을 높여 주어야 한다.

## 2. 단층촬영

단층촬영에 자동노출장치를 사용하는 경우는 많지 않으나 단층촬영에 자동노출장치를 사용할 경우에는 농도의 균일성을 꾀할 수 있을 뿐 아니라 화질의 향상도 함께 기대할 수 있다.

단층촬영을 할 때에 노출시간은 노출을 시작하기 전에 미리 설정하는 것이 원칙이다.

노출시간은 노출각과 X선관 이동속도에 따라 다르게 설정된다. 노출시간은 방사선사가 결정할 수 있으나 자동노출장치가 일정한 평균 방사선량을 유지할 수 있게 조정하여야 한다. 노출시간이 정해지면 일정농도를 내기 위한 방사선총량(D총)은 결정이 된 상태이다. 노출시간(t)도 결정된 상태이므로 단위시간당 노출선량이 산출된다.

단층촬영시에 이용되는 자동노출장치는 간단히 말해서 단위시간당 노출선량율(D총/t)을 X선이 노출되는 동안 일정하게 유지하는 것이다. 노출시간은 t라 하였으므로  $(D_{\text{총}}/t) \times t = D_{\text{총}}$  이 되어 농도는 균일하게 할 수 있다. 단층촬영에 있어서 자동노출장치가 exposure를 차단

시키는 작용과는 관련이 없게 된다. 다만 주어진 노출시간동안 노출선량율을 일정하게 하는 역할을 한다.

예를 들어 그림 13은 lumbar spine lateral의 단층촬영을 나타낸 것이다.

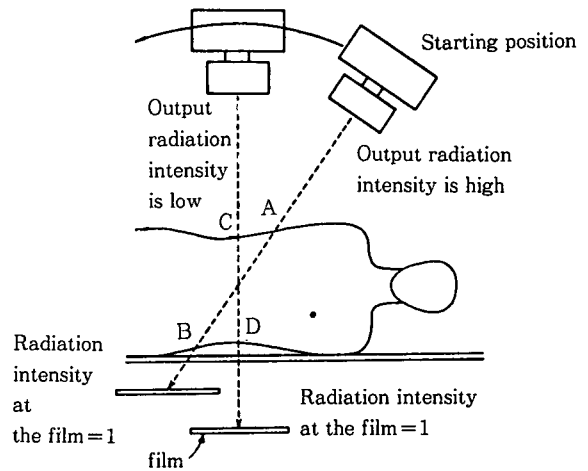


그림 13. 단층촬영의 자동노출장치

X선관 이동을 시작할 때의 환자두께는 AB에 해당하며 X선관이 이동하여 중간지점인 CD보다 두껍다. 그러나 AB를 투과한 X선 강도나 CD를 투과한 X선 강도를 일정하게 하는 것이 단층촬영에 있어서 자동노출기구의 역할이다.

단층촬영에 있어 자동노출기구를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 차이를 그림에 나타내었다. 큰 각도의 X선관이동 궤적(A'B')이 이미 설정된 이동 궤적이며 X선은 X선관이동 시작부터 끝까지 노출이 된다. 그러나 자동노출기구를 사용하지 않은 경우에 필름농도 형성에 영향을 미치는 것은 이보다 훨씬 작은 각도의 C'D' 궤적 뿐이며 자동노출기구를 사용할 경우에는 A'B'각 모두 필름에 일정한 강도의 선량율로 노출된다. 전자를 thicker cut이라 하며 후자를 thinner cut이라 한다.

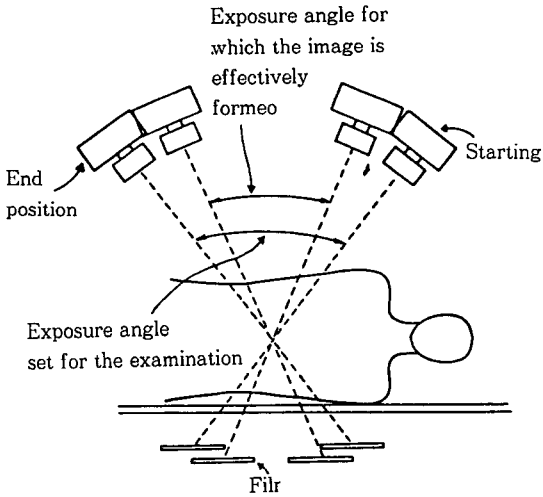


그림 14. 자동노출기구를 사용할 경우와 자동노출기구가 없는 경우의 단층촬영

### 3. 투시

투시장치의 자동노출기구는 일반촬영에서 사용되는 자동노출기구와는 원리와 구조가 달라

특성에 차이가 있다.

그림 15는 투시장치의 개략도이며 그림 16은 photo sensor로 빛을 인도하는 과정을 나타낸 것이다.

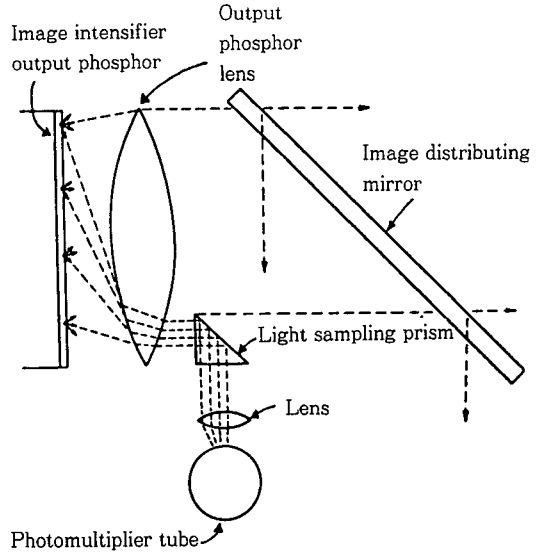


그림 16. 프리즘에 의한 광량의 샘플링

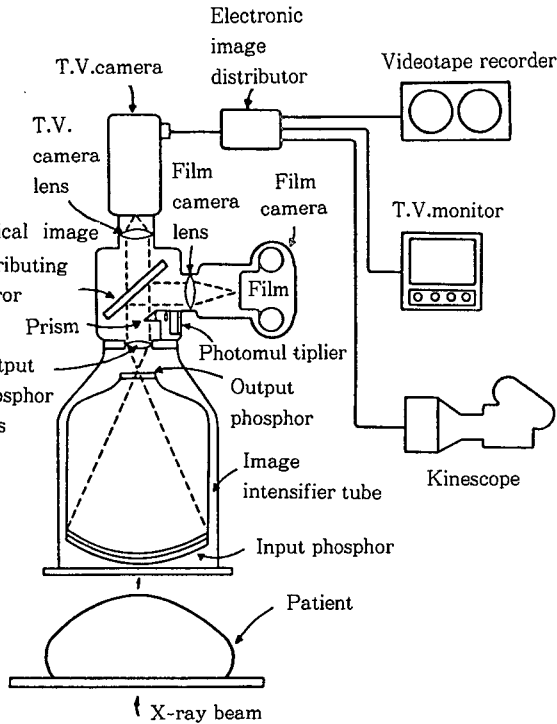


그림 15. 광전자 증배관의 자동노출기구 원리

위의 두 그림에서 보면 image intensifier의 출력 형광면 뒤에 프리즘이 있고 프리즘에 의하여 빛을 sampling하고 이 빛을 PM-tube로 인도되는 과정을 나타내고 있다.

프리즘은 출력형광면에서 발생하는 빛의 진로에 방해를 주지 않으면서 출력형광면 전 부분에서 발생한 빛을 sampling한다.

이 시스템은 주로 소화기계에 사용되며 소화기계 촬영에는 falling load 시스템을 채용하고 있는 것은 전술한 바와 같다.

Falling load 시스템 사용시 고려해야할 사항은 다음 몇 가지가 있다.

먼저 조사면적을 가능한 한 줄이는 것이 요구된다. 그림 17은 이 관계를 설명하고 있는데 조사면적이 넓어 조영제가 포함되지 않은 부분이 많은 경우, 관심영역 밖에서 입사되는 광량이 많아 노출시간은 단축되고 노출부족 사진이 된다.

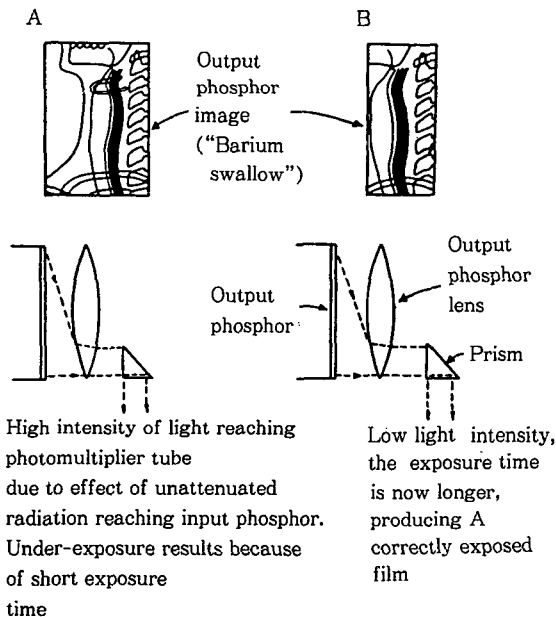


그림 17. 관찰면적 감소의 효과

Falling load 시스템은 mA를 가장 높은 값에서부터 저하시키기 때문에 피사체 두께가 얇은 경우 과노출 사진이 될 수 있고 mA가 커질수

록 실효초점이 커지기 때문에 화질의 저하를 kVp를 낮추어 노출시간을 늘려 줄 수가 있다. 이 때는 contrast가 너무 강해질 수 있는데 아울러 관전류도 독립적으로 선택할 수가 있다.

다른 문제로 I.I의 field size를 조정하여 전자적으로 확대촬영 할 경우가 있는데(예를 들어 23 cm field 대신 13 cm field를 사용할 때) 이 때에는 노출시간이 4배정도 길어지고, 필름 이동속도가 빠를 경우(6~12 frame per sec)에는 적합하지 않다. 반대로 축소할 경우 노출시간이 최소응답시간보다 짧아져 과대노출이 되는 수가 있다. 이 때에는 mA를 줄여 노출시간을 늘려야 한다.

끝으로 자동노출장치는 한 가지 필름감도에 맞게 조정되어 있으므로 필름의 감도가 달라지면 재조정 되어야 한다. 필름감도가 빨라졌을 때 양자반점(quantum noise)이 생길 수 있으며 이 때는 입사선량을 늘려주든가 필름의 감도를 다시 낮추는 수 밖에 없다.

#### 4. 규정

자동노출장치를 사용하는데 있어 화질의 균일성과 피폭선량의 문제로 인하여 정해진 규정이 있다. 이러한 몇가지 장치의 특성과 함께 숙지하여야 할 사항이다.

HEW, Public law 90~162, FDA 등에 의하면 50 kVp나 그 이상의 관전압에서 600 mAs에서 자동 차단되어야 하며, 50 kVp 이하에서는 2000 mAs에서 차단되도록 규정하고 있다. 그 이유는 자동노출기구에 이상이 있을 경우에는 환자를 과대노출에서 보호하기 위해서이다.

자동노출장치의 재현성(repeatability)은 short time exposure와 long time exposure로 나누어 규정하고 있는데, short time exposure은 Al step wedge를 검출기 위에 놓고 약 50 msec 정도로 촬영하고, long time exposure는 약 1 sec 정도의 노출시간이 되도록 조정한다. 이를 5회 노출하여 두 경우 모두  $\pm 10\%$ 의 농도 범위 안에 있도록 하고 있다.

직선성(linearity)은 millirad/mAs값이 연속 두 exposure의 합에 10% 이내어야 한다고 규정하고 있다.

## VI. 결 론

자동노출장치의 원리로부터 특성까지 고찰을 하였다. 자동노출장치는 아직 사용경험이 적고 기계적 메카니즘의 이해가 부족하여 충분한 활용이 어려운 실정이나 문헌고찰과 함께 임상적용이 활발하게 진행되어 문제점과 개선책이 많이 나왔으면 한다.

## 참 고 문 헌

1. Jenkins D : Radiographic Photography and Imaging Process. Baltimore University Park Press. 110~126, 1981.
2. Bushong SC : Radiologic Science for Technologists. St. Louis. C V Mosby Co. p.103

- ~109, 1975.
3. Seymour Sterling : Automatic Exposure Control-A Primer Radiologic Technology. 59(5) : 421~427.
4. Cullinan JE : Illustrated Guide to X-ray Technics. Philadelphia. p. 74~86, 1980.
5. Thompson : A Practical Approach to Modern X-ray Equipment. Boston. p.125~134, 1978.
6. Jaundrell-Thompson : X-ray Physics and Equipment. Philadelphia. p. 534~538, 1970.
7. 中村 實 : Photo timerの諸特性について. 日本放射線技師會雜誌. 第18卷 第7號.
8. 青柳泰司 : 診斷用 X-線裝置. コロナ社. p. 327~351, 1980.
9. 田中仁 外 : 醫用放射線技術實驗. Phototimerの特性. p. 301~306, 1982.
10. 李海龍 : 醫療用 X線裝置. 大學書林. p. 359~387, 1985.