

# Zone System을 이용한 자동노출장치의 성능 측정에 관한 실험

경희대학교 의과대학부속병원 진단방사선과 · 고려대학교 보건대학 방사선과\*  
강희두 · 표창기 · 차정희 · 김정민\*

## Performance Test for Automatic Exposure Control by Zone System

Hee Doo Kang, Chang Gi Pyo, Jung Hee Cha, Jung Min Kim  
*Dept. of Diagnostic Radiology, Kyunghee University Medical Center*  
*Dept. of Radiotechnology, Collage of Health Sciences Korea University*

-Abstract-

AEC was designed to assist in the production of radiographs of equal density and to aid in the production of consistently high quality radiographs .

Many improvements have been made in the AEC and these have helped to increase it's acceptance.

Newer system(Falling load) control kVp and mA as well as exposure time.

Authors have had experiments about the characteristics of AEC by Zone System.

Zone System is the method to detection of photographic image quality by control the photo print from Fred Archer and Ansel Adams.

With the Zone System theory the experiments of density control , characteristics of phantom thickness and reproducibility of occupation rate of contrast media could make quality control of X-ray photography effectively in falling load system.

### I. 서 론

방사선과 영역에서 투시 및 촬영 시에 자동 노출·보정 기능을 보편적으로 이용하게 되었다. 자동 노출장치 구조와 특징 및 특성에 관한 선행 연구가 있었으며,<sup>1,2,3)</sup> 이러한 연구를 통해 장치의 특성 이해와 성능 평가에 많은 도움을 주었다.

투시 검사 시에 동일 부위라도 하더라도 X선 흡수는 검사 상황에 따라 달라지므로 항상 적정 농도가 되는 조건을 선택한다는 것은 매우 어려운 일이다. 방사선사 들은 주관적, 경험적 관점으로 노출을 결정하며 이러한 어려움을 보완하기 위해 자동노출장치를 고안하게 되었다. 자동 제어방식 중 포토타이머(photo timer)는 1942년 R. H. Morgan에 의하여 발표되었으며, Morgan은 Heinrich Franke(1923)의 이론을 발전시킨 것으로 그 기능이 향상 되어 현재에도 도입 운용되고 있다.<sup>4)</sup> 자동노출장치는 검출 방식에 따라 독특한 출력 특성을 갖으며 임상 적용 시에 진단 가치가 높은 화상을 얻기 위하여 보정 장치를 병행하여 운용하고 있는데, 이 보정 장치의 활용 및 정도 관리에 관한 객관적인 기준이 필요하게 되었다. 이에 저자들은 방사선사들이 쉽게 활용할 수 있는 자동 노출 장치의 성능 평가 방식과 자동 노출장치의 효과적인 운

용 방안을 사진 이론의 하나인 Zone system 이론을 적용 하여 그 방법을 모색하고자 하였다.

Zone system은<sup>5)</sup> 사진 질의 향상, 특히 인화의 톤을 조절하기 위한 방법으로 오래 전부터 사진가 들이 개발 이용해 오던 방법으로 1930년대 후반 프레드 아처(Fred Archer)와 안셀 아담스(Ansel Adams)에 의해서 이론적으로 체계화 되었다. 초창기에는 흑백 사진에만 국한 되었으나 현재에는 컬러 사진에 까지 그 영역을 넓혀 폭 넓게 사용되고 있다.

Zone system 이론의 기본적 바탕은 감광도측정법(sensitometry)이다. 감광도측정법은 감광 물질의 빛에 대한 반응을 특정하는 방법으로 사진 재료의 빛에 대한 반응을 아는데 유용할 뿐만 아니라 눈으로 볼 수 없는 진행 과정을 시각적으로 쉽게 확인 할 수 있게 해준다. 방사선과 영역에서는 자동현상기 관리에 이 방식을 적용하고 있다. Zone system을 구성하는 요소는 보통(normal), 약한(low), 강한(high), 피사체 콘트라스트간의 차이를 실제적이고도 시각적으로 보여주는 눈금이며 이것을 zone scale이라고 부른다.

본 실험에서는 방사선 사진과 모니터 화면에서의 명암을 사진 인화 명도로, 사진적인 측정(photographic measurement)을 자동 노출·보정 기능의 관점으로 대비시켜

전체 화면을 100으로 했을 때 각 단계별 명암(=zone scale)이 차지하는 면적 비와 농도, 평균 농도와의 관계를 자동 노출·보정 장치의 성능 평가와 정도 관리에 응용하고자 하였다.

본 연구는 화상 정보 제공자로서의 방사선사의 역할 중, 장비 관리 및 노출 결정에 도움을 줄 수 있어 방사선사의 효율적인 업무 수행에 기여하리라 기대한다.

## II. 실험장치 및 기기

Toshiba 300A KXO-80N, X-Ray tube Varian A-192, Focus 0.6/1.2, 30만HU.

자동노출·보정장치 : ATR(Automatic radiography), AEC (Automatic exposure control), ABC(Automatic brightness control)

자동현상기 : Fuji FPM3000, 60sec, 34°C

Sensitometer : X-Rite model 334

Densitometer : X-Rite model 331

Al stepwedge,

팬텀 : 2 mm Al 판 4절을 4등분한 면적(12.5 cm×15.5 cm) 25장, 4절을 4등분한 면적을 다시 9등분한 것(4 cm×5 cm) 100장

## III. 실험방법

### 실험 1. 보정 기능 실험

보정 기능은 장치 제조 회사별로  $\pm 2 \sim \pm 6$  단계로 다양하고, 보정 채널 간에는 일정한 비율의 농도 보상 값을 갖도록 제작되어 있다. 본 실험에 사용한 장치는  $\pm 4$  단계로 되어있다.

보정 기능 실험은 자동 노출·보정 장치의 보정 단계별 농도 변화를 파악하여 보정 능력의 재현 균일성 파악하는 실험으로 팬텀 위에 Al stepwedge를 놓고 보정 단계별로 촬영하여 현상 처리된 필름의 농도를 측정, 농도 곡선을 그려 그 값이 어떻게 재현되는 가를 확인한다.

즉 2 mm Al (12.5 cm×15.5 cm) 10장의 팬텀 위에 Al stepwedge를 놓고 자동 노출·보정 장치의 0, -1, -2, -3, -4 와 0, +1, +2, +3, +4를 촬영하고, 동일 조건에서 현상 처리하여 각 Zone의 농도를 측정하고 그 후 농도 곡선을 작성하여 분석 하였다.

### 실험 2. 두께 변화에 따른 농도 실험

자동 노출 평균 농도 재현성 실험으로서 피사체의 두께를 변화 시켰을 때 노출과 사진 농도와의 상관 관계를 분석한다. 피사체의 두께가 변하여도 평균 농도는 같아야 되나 장치에 따라 특징적인 변화를 갖고 있어 이를 파악하고자 하는 실험이다.

2 mm Al(12.5 cm×15.5 cm) 팬텀 위에 Al stepwedge를 놓고 팬텀의 두께를 4, 8, 12, 16, 20, 24 mm와 4, 10, 20, 30, 40, 50 mm 각각을 촬영한 후 현상 처리하여 각 zone의 농도를 측정하고 농도 곡선을 작성하여 분석 하였다.

### 실험 3. 조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 측정 실험

투시촬영 장치에서는 falling load system을 채용하고, 채광장(field configuration)과 병행하여 사용하는 장치도 있다. 이 장치에서는 관심 영역 이외에서 입사하는 광량의 차이가 많을 경우 노출 과다, 부족이 되어 원하는 영상을 얻을 수 없다.

조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 측정 실험에서는 4절을 4 등분한 면적을 다시 9 등분한(4 cm×5 cm) 100장의 팬텀을 9개의 영역에 중앙 집중형 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>과 분산형 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>로 조합하여 그림 3과 같이 배열하여, 각각을 촬영하고 그 결과를 분석 하였다.

## IV. 실험결과

### 실험 1. 보정 기능 실험의 결과

자동노출·보정 장치의 보정 단계별 농도 변화를 파악하여 보정 능력의 재현 균일성 파악하는 실험의 촬영 조건, 농도 측정 결과는 표 1-1, 표 1-2와 같다.

표 1-1의 촬영 조건에서 보면 보정 단계를 변화 시키면 kVp, mA는 고정 상태에서 조사 시간 만을 변화 시켜 보정하는 것을 알 수 있었으며, 최대, 최소 보정 간의 농도 값의 차이는 1.47이며, 보정 단계별 농도 차이는 0.14~0.23로 1 step의 변화에 의하여 15% , 0.18 정도씩 증감하고 있음을 알 수 있었다.

그림 1은 보정 기능 실험의 결과를 그래프로 나타낸 것으로 농도 곡선에서 각 보정단계별로 값의 변화가 있음을 볼 수 있다.

표 1-1. 10 mm 팬텀에서의 보정 기능 실험 촬영 조건

| 구분      | KVP | MA  | Sec   | mAs |
|---------|-----|-----|-------|-----|
| 보정 -4단계 | 84  | 500 | 0.004 | 2   |
| 보정 -3단계 | 85  | 500 | 0.005 | 3   |
| 보정 -2단계 | 85  | 500 | 0.007 | 4   |
| 보정 -1단계 | 85  | 500 | 0.008 | 4   |
| 보정 0단계  | 85  | 500 | 0.009 | 5   |
| 보정 1단계  | 85  | 500 | 0.011 | 6   |
| 보정 2단계  | 85  | 500 | 0.012 | 6   |
| 보정 3단계  | 85  | 500 | 0.013 | 7   |
| 보정 4단계  | 85  | 500 | 0.015 | 8   |

표 1-2. 10 mm Al 팬텀에서의 보정 기능 실험 농도 측정 결과

| 구분\ZONE | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 평균농도 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| -4      | 0.22 | 0.23 | 0.25 | 0.27 | 0.3  | 0.34 | 0.4  | 0.45 | 0.54 | 0.66 | 0.79 | 0.91 | 0.45 |
| -3      | 0.26 | 0.29 | 0.33 | 0.37 | 0.42 | 0.51 | 0.61 | 0.74 | 0.88 | 1.06 | 1.23 | 1.4  | 0.68 |
| -2      | 0.32 | 0.35 | 0.41 | 0.48 | 0.58 | 0.7  | 0.85 | 1    | 1.19 | 1.4  | 1.59 | 1.75 | 0.89 |
| -1      | 0.36 | 0.44 | 0.51 | 0.61 | 0.74 | 0.89 | 1.07 | 1.26 | 1.46 | 1.66 | 1.86 | 2.05 | 1.08 |
| 0       | 0.46 | 0.55 | 0.67 | 0.8  | 0.96 | 1.13 | 1.34 | 1.53 | 1.74 | 1.94 | 2.15 | 2.32 | 1.3  |
| 1       | 0.53 | 0.67 | 0.81 | 0.96 | 1.14 | 1.34 | 1.54 | 1.75 | 1.95 | 2.15 | 2.31 | 2.49 | 1.47 |
| 2       | 0.61 | 0.78 | 0.93 | 1.11 | 1.3  | 1.49 | 1.72 | 1.91 | 2.11 | 2.3  | 2.47 | 2.61 | 1.61 |
| 3       | 0.74 | 0.9  | 1.08 | 1.28 | 1.47 | 1.67 | 1.88 | 2.08 | 2.29 | 2.46 | 2.61 | 2.74 | 1.77 |
| 4       | 0.84 | 1.06 | 1.23 | 1.43 | 1.64 | 1.85 | 2.07 | 2.25 | 2.45 | 2.6  | 2.74 | 2.9  | 1.92 |

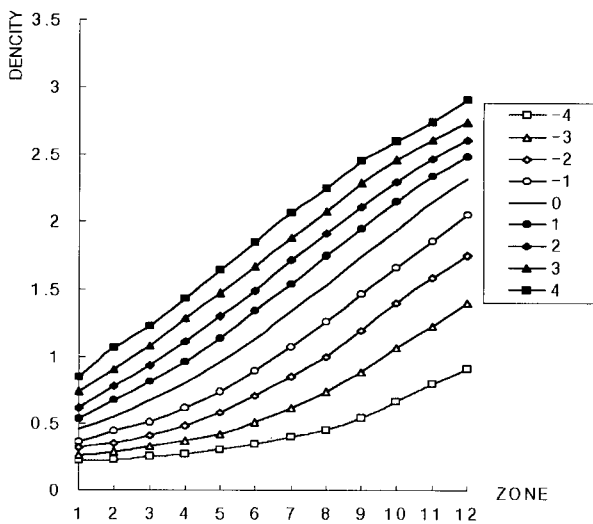


그림 1. 보정 기능 실험의 농도 변화

표 2-1. 두께 변화에 따른 농도 실험의 촬영 조건

| 구분      | KVP | MA  | Sec  | mAs |
|---------|-----|-----|------|-----|
| Al 4mm  | 81  | 500 | 0.01 | 3   |
| Al 8mm  | 84  | 500 | 0.01 | 4   |
| Al 12mm | 86  | 500 | 0.01 | 6   |
| Al 16mm | 89  | 500 | 0.02 | 9   |
| Al 20mm | 91  | 500 | 0.03 | 13  |
| Al 24mm | 93  | 500 | 0.04 | 19  |

표 2-2. 두께 변화에 따른 농도 실험 결과

| 구분\ZONE | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 평균  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Al 4mm  | 0.34 | 0.4  | 0.5  | 0.62 | 0.76 | 0.93 | 1.15 | 1.37 | 1.63 | 1.87 | 2.13 | 2.36 | 1.2 |
| Al 8mm  | 0.4  | 0.5  | 0.59 | 0.73 | 0.88 | 1.07 | 1.27 | 1.48 | 1.69 | 1.9  | 2.13 | 2.3  | 1.2 |
| Al 12mm | 0.45 | 0.56 | 0.68 | 0.8  | 0.95 | 1.15 | 1.33 | 1.54 | 1.73 | 1.92 | 2.1  | 2.26 | 1.3 |
| Al 16mm | 0.48 | 0.6  | 0.72 | 0.86 | 1.01 | 1.18 | 1.37 | 1.56 | 1.75 | 1.89 | 2.06 | 2.2  | 1.3 |
| Al 20mm | 0.52 | 0.64 | 0.77 | 0.9  | 1.05 | 1.22 | 1.38 | 1.55 | 1.76 | 1.87 | 2.03 | 2.17 | 1.3 |
| Al 24mm | 0.57 | 0.7  | 0.83 | 0.97 | 1.12 | 1.27 | 1.45 | 1.6  | 1.75 | 1.89 | 2.04 | 2.15 | 1.4 |

**실험 2. 두께 변화에 따른 농도 재현성 실험의 결과**

자동노출 평균 농도 재현성 실험의 촬영 조건은 표 2-1이며, 농도 측정 결과는 표 2-2와 같다.

표 2-1의 촬영 조건에서 보면 피사체의 두께가 변하면 mA는 고정 상태에서 관전압과 조사 시간이 함께 변화하며, 각각의 농도를 측정하여 비교한 결과 평균 농도는 1.2~1.4 범위임을 알 수 있다.

팬텀의 두께가 얇은 경우와 두꺼운 경우의 평균 농도 차이가 약 0.2가 되는 것을 확인하였다.

그림 2는 두께 변화에 따른 농도 실험의 결과를 그래

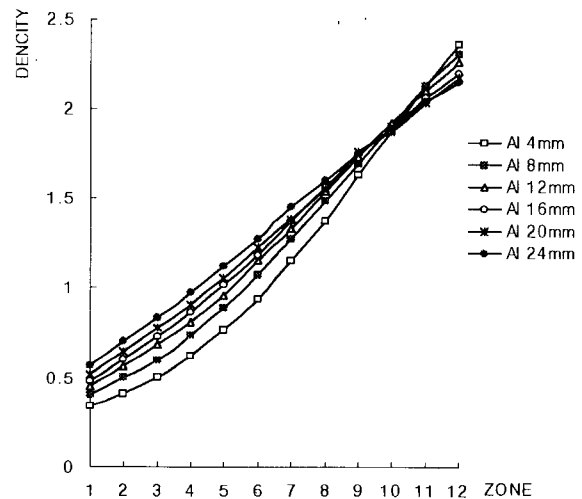


그림 2. 두께 변화에 따른 농도 실험의 결과

프로 나타낸 것으로 농도곡선에서 두께 변화에 따른 농도가 등 간격으로 변하지 않음을 알 수 있다.

### 실험 3. 조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성 실험의 결과

조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성을 알아보기 위하여 4절을 4등분한 면적을 다시 9등분한 것(4 cm×5 cm) 100장의 팬텀을 9개의 영역에 중앙 집중형 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, 분산형 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>로 조합하여 그림 3과 같이 배열하였다.

조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성 실험의 촬영 조건은 표 3-1과 같으며, 농도 측정 결과는 표 3-2와 같다.

표 3-1에서 중앙집중형과 분산형 간의 촬영 조건의 최대 차이는 6 KVP, 3 mAs가 었으며, 표 3-2에서는 중앙집중 A<sub>2</sub>형과 분산 B<sub>2</sub>형의 평균 농도 값이 약 0.94의 차이가

표 3-1. 조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성 실험의 촬영 조건

| 구분                      | KVP | mA  | Sec   | mAs |
|-------------------------|-----|-----|-------|-----|
| 중앙 집중 배치 A <sub>1</sub> | 81  | 500 | 0.005 | 2.5 |
| 중앙 집중 배치 A <sub>2</sub> | 84  | 500 | 0.008 | 4   |
| 분산 배치 B <sub>1</sub>    | 78  | 500 | 0.002 | 1   |
| 분산 배치 B <sub>2</sub>    | 78  | 500 | 0.003 | 1.5 |

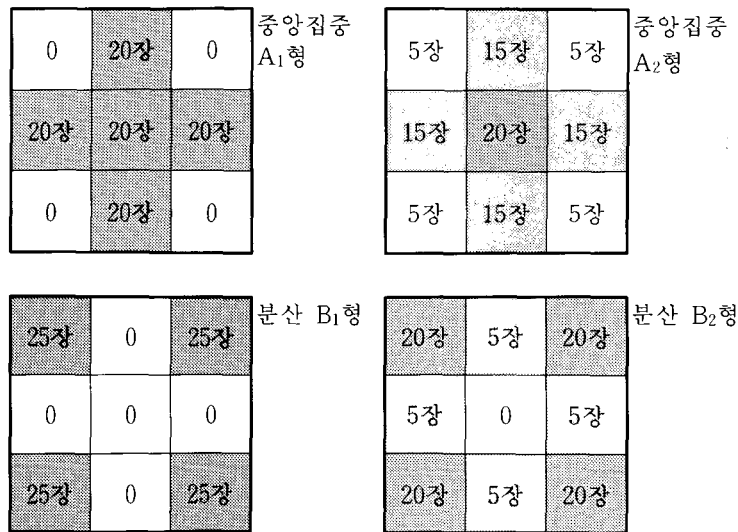


그림 3. Zone system의 팬텀 배치도

표 3-2. 조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성 실험의 결과

| 구분\ZONE              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 평균농도   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 중앙 집중 A <sub>1</sub> | 3.14 | 0.3  | 3.17 | 0.3  | 0.29 | 0.29 | 3.14 | 0.3  | 3.16 | 1.5656 |
| 중앙 집중 A <sub>2</sub> | 2.9  | 0.93 | 3.05 | 1.1  | 0.48 | 0.94 | 2.9  | 1.08 | 2.9  | 1.8089 |
| 분산 배치 B <sub>1</sub> | 0.23 | 2.16 | 0.23 | 2.14 | 2.17 | 2.18 | 0.23 | 2.15 | 0.23 | 1.3022 |
| 분산 배치 B <sub>2</sub> | 0.24 | 1    | 0.24 | 1.02 | 2.73 | 1.02 | 0.24 | 1.01 | 0.24 | 0.86   |

나는 것을 알 수 있다.

본 실험 대상 장치는 실제 검사 시, 조영제 점유율 및 분산 상태에 따라, 보정 기능 실험의 결과 보정 단계별 0.18의 농도차가 되므로 최대 5 단계의 보정이 필요 함을 확인하였다.

## V. 고 찰

자동노출기구의 특성은 검출부와 X선 발생장치의 주회로 제어부에 따라 좌우된다. 특성으로서는 응답시간 특성, 관전압 특성, 피사체 특성, 재현성, 조사야 특성 등이 있다. 자동노출기구를 사용할 경우에는 이와 같은 특성을 이해하고 사용해야 한다.<sup>6)</sup> 미국 FDA에서 권고하는 투시용 X선 장치의 성능 측정 항목 중 자동 노출 제어 기구는 6개월 마다 시행<sup>7)</sup>하도록 하고 있으며, 한국공업규격에 자동 노출장치는 농도 설정 치와 사진 농도와의 경시적 변화를 6개월 간격으로 조사하도록 규정되어 있다.<sup>8)</sup>

미국 연방 규정(21CFR)에서 권고하는 투시용 X선 장치의 성능 측정 항목 중 자동노출 조절 기구는 재현성, KVP 보상, 조사야 감도 일치, 최단 응답 시간, back up timer의 확실성<sup>9)</sup> 등의 항목을 검사하도록 하고 있다.

우리 나라의 경우 1994년 1월 7일 개정된 의료법 제 32조의 2(94.1.7)에 의거 진단용 방사선 발생장치의 안전 관리에 관한 규칙(보건복지부령 제3호 95.1.6)에 조사선량의 재현성 시험 항목에 자동노출제어기를 포함시켜 놓

았다. 진단용 방사선 발생장치 설치시의 관리 매뉴얼<sup>10)</sup>의 자동노출기구의 검사 항목은 일반 및 투시장치를 구분하지 않고 최단시간조사, 피사체 두께 특성, 관전압 특성, 농도설정 치와 조사시간 비, 재현성의 항목을 검사하도록 하고 있다.

투시촬영 자동노출기에 해당되는 검사 항목으로 보정 기능에 해당하는 항목을 ABC, AEC, ATR 작동 상태에서 실험하였다.

실험대상 장치에는ABC(Automatic brightness control), AEC(Automatic exposure control), ATR(Automatic radiography)<sup>11)</sup> 기능이 있다.

IBS(image brightness stabilizer)는 모니터의 밝기를 유지하면서 이때의 투시 관전압을 기억시켜 촬영 시 가장 적절한 관전압으로부터 출발하여 노출 시간에 따라 점차로 관전압을 증가 시키고 조사 시간을 가능한 한 일정하게 하려고 한 장치로<sup>12)</sup> ATR 기능과 같다.

촬영 조건 ATR, AEC, ABC 상태에서, 보정 스위치를 조작하면 KVP, mA는 변하지 않은 상태에서 조사 시간만을 변화 시켜 보정하며, 최대, 최소 보정 간의 농도 값의 차이는 1.47이며, 보정 단계별 농도 차이는 0.14~0.23로 1 step의 변화에 의하여 0.18 정도씩 증감하고 있음을 알 수 있는데 이는 김, 石田의 실험 장치에서는 스텝간 농도의 증감이 완전한 직선 관계를 보인 결과와 달랐다. 이는 장치의 특성 또는 실험조건에서의 차이로 생각된다.

자동노출장치의 재생성(reproducibility)은 10% 이내이어야 하고, 직선성(linearity)은 millirads/milliamperesecond 값이 연속 두 exposure의 합에 10% 이내이어야 한다고 규정하고 있다.<sup>13)</sup> 보건복지부 진단용 방사선 발생장치의 mAs 시험 허용 오차는 ±10%이므로, 농도 값의 허용 오차도 ±10% 보아야 할 것이다.

표 4는 허용 오차를 ±10% 했을 때 스텝 0의 평균 농도 값을 기준으로 장치 제조 회사에서 정한 스텝간 변화율을 적용하여 작성한 판정표이다.

본 실험 대상 장치는 -4(-64%), -3(-48%), -2(-32%), -1(-16%), 0(0%), +1(16%), +2(32%), +3(48%), +4(64)로 스텝간 16%로 설정 되어 있으며<sup>14)</sup> 실험 시의 오차 원인이 입력 전원 또는 발생 장치 측과 농도 측정 시의 오차에 따른 것인지, 다른 원인인지 추적 검사를 시행하지 않았다.

이 실험을 통하여 보정 성능 중 보정 단계별 평균 농

도 차이는 얼마인지, 보정 단계별 농도 차이는 균일한지, 보정 시 KVP, mA, sec의 변화는 어떠한지를 알 수 있다.

보정 단계별 평균 농도를 알게 되면 단계별 조절 값이 실제 사진상의 시각적 흑백 농도로 변하는 것을 확인하여 임상 정확하게 적용할 수 있으며, 보정 단계별 농도 차이 값을 장비 설치 시, 또는 시스템 정비 시에 시험을 하여 나타나는 상태를 기준으로 장치가 갖는 고유의 특성을 알 수 있고 이 상태를 향후 검사 값과 비교하여 QC의 지표 값으로 활용할 수 있다.

또한 실험 시의 KVP, mA, sec의 값을 기준으로 하고 향후 검사 자료와 비교하여 허용 오차 범위를 벗어 나면 그 원인을 추적할 수 있는 기초 자료가 된다.

향후 검사 시에 초기 설정 값과 차이가 난다면 원인은 무엇인가를 알기 위해, 첫째 보정 채널을 조절하는 자체 설정 값의 변동은 없는가, 둘째, 설정 값과 실제 출력 사이의 오차는 없는가, 셋째, X선관의 관전압 특성 이상이 없는가, 넷째, 입력 전원의 허용 변동 폭은 일정한가를 점검하여야 할 것이다.

영상증배관(image intensifier tube)은 사용 시간에 따라 경시적으로 변화되어 휘도가 열화 되고 성능이 저하된다. 이에 따라 대조도가 저하되어 진단능을 유지하기 위하여는 X선 출력을 증가시키게 되는데<sup>15)</sup> I.I tube나 광학계의 상태를 파악하는 간접 지표로도 활용할 수 있을 것이다.

피사체의 두께가 변하여, 노출된 값이 달라져도 항상 균등한 평균 농도 값을 나타내야 한다.

두께 변화에 따른 농도 실험에서 피사체의 두께를 4 mm에서 24 mm로 변화 시켰을 때 12 KVP, 16 mAs, 농도는 1.2-1.4, 평균 농도 차이가 약 0.2가 되는 것을 확인하였다. 김, 石田 실험에서는 두께가 두꺼울수록 평균 농도는 0.75가 감소하는 결과를 보였는데(4 단계의 보정 필요), 본 실험 장치는 농도 변화도 적었으며 두께가 두꺼워질수록 농도가 기준 값 보다 0.1 증가하였는데 보정 기능 실험과 같이 허용오차를 ±10%로 한다면 그 범위 안에 들어가므로 매우 양호하다고 판정 할 수 있다.

두께 변화에 따른 농도 실험에서는 피사체 두께의 변화에 따른 평균 농도 차이는 얼마인가, 피사체 두께 변화에 따른 농도 차이는 균일한가, 그렇지 않다면 원인은 무엇인가. 기준 시점과 비교하였을 때 KVP, mA, sec의 변

표 4. 보정 기능 실험의 판정표

| 농도\보정단계 | -4   | -3     | -2     | -1     | 0   | +1     | +2    | +3     | +4     |  |
|---------|--|--------|--------|--------|-----|--------|-------|--------|--------|--|
| 설정 농도 값 | 0.47   | 0.62   | 0.884  | 1.092  | 1.3 | 1.508  | 1.716 | 1.924  | 2.13   |  |
| 측정 농도 값 | 0.45   | 0.68   | 0.89   | 1.08   | 1.3 | 1.47   | 1.61  | 1.77   | 1.92   |  |
| 농도 차이   | -0.02  | + 0.06 | + 0.01 | - 0.01 | 0   | - 0.03 | - 0.1 | - 0.15 | - 0.21 |  |
| 판정      | O  | O      | O      | O      |     | O      | O     | X      | X      |  |
| 종합 판정   | 오차 범위를 Step 0의 값을 기준으로 ±10% 했을 때, 보정 +3 +4에서 이상을 보이거나 전체적인 그래프 변화로 적정 임. |        |        |        |     |        |       |        |        |  |

화는 어떠한가를 파악하는 자료를 제공한다.

두께 변화에 따른 평균 농도를 알게 되면 검사 부위의 두께에 따라 장치의 특성에 맞는 보정을 할 수 있으며, 이 상태를 향후 검사 값과 비교하여 QC의 지표 값으로 활용할 수 있다.

실험 시의 KVP, mA, sec의 값을 기준으로 하고 향후 검사 자료와 비교하여 허용오차 범위를 벗어 나면 그 원인을 추적할 수 있는 기초 자료가 된다

IBS system에서 평균 농도 값이 허용 오차 범위를 벗어 났다면, IBS system과 연계된 ABS, AEC 기능 즉 II와 CCD 카메라, fiber type detector, solid detector 등의 기능을 우선적으로 점검하여야 한다.

또한 두께 변화에 따른 농도 실험 만이 아닌 보정 기능 실험의 결과도 병행하여 달라질 것이므로 보정 기능 실험의 점검 사항을 추적하여야 할 것이다.

조영제를 주입하여 촬영하는 투시 검사에서는 채광야 안에 있는 조영제의 점유율에 따라 농도는 상당히 변화한다. 소화기 촬영장치의 검출형광지 평균 광량에 동작하는 포토타이머 채광야는 일반적으로 지름 10 cm 정도의 원형이거나 II 채광 방식인 경우는 II의 입력면 지름의 약 1/2의 원형이다<sup>16)</sup>.

동일한 피사체 두께와 조사야에서, X선 흡수율이 극단적으로 큰 조영제 영역과 gas가 차지하는 면적에 따라 평균 자동노출 선량이 결정된다. 조사야 전체의 X선 흡수 총량을 100이라고 했을 때 어떤 형태로 분산되어 있더라도 최종 출력물이 필름에서는 일정한 농도 값으로 표현 되어야 이상적이다.

조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성을 알아보기 위하여 인위적으로 여러 가지 상황을 가정, 팬텀을 배열하여 실험하였는데, 그 중에 중앙 집중형 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, 분산형 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>로 조합한 그림 3의 배열이 실험 목적에 가장 적절하다고 판단하였다.

중앙집중형과 분산형 간의 촬영조건의 최대 차이는 6 KVP, 3 mAs 였으며, 중앙집중 A<sub>2</sub>형과 분산 B<sub>2</sub>형의 평균 농도 값이 약 0.94의 차이가 나는 것을 알 수 있는데 이는 자동 조절을 위한 신호 검출 방식에 따라 나타나는 장비의 특징으로 해석할 수 있다. 이 경우 자동 노출 장치의 평균 농도 차이가 적을 수록 우수한 장비로 판정할 수 있다. 실험 대상 장치는 모니터 화면에서의 점유 면적과 관심 영역이 어디냐에 따라 ±4 단계의 조절을 해야 함을 알 수 있었다.

성능 관리 측면에서 보면, 조합 변화에 따른 평균 농도 차이는 얼마인가, 조합 변화에 따른 농도 차이는 균일한가, 그렇지 않다면 원인은 무엇인가, 기준 시점과 비교하였을 때 KVP, mA, sec의 변화는 어떠한가를 파악하여 실무에 적용하고, 보정 기능 실험과 두께 변화에 따른 농도 실험과 연계하여 ±10%의 농도 차가 나면 II와 CCD 카메라, fiber type detector, solid detector 등의 기능을 점검하여야 한다.

## VI. 결 론

본 연구는 자동노출 장치의 성능 평가 방식, 자동노출 장치의 정도 관리 방안을 제시하여 화상 정보 제공자로서의 방사선사의 역할에 도움을 주고 효율적인 업무 수행에 기여하고자 하였으며 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Zone System은 농도계와 팬텀을 이용한 자동노출 장치의 성능 평가와 정도 관리에 유용한 비접속 검사법이다.
2. 보정 기능 실험, 두께 변화에 따른 농도 재현성 실험, 조영제 점유율 변화에 의한 평균 농도 재현성 실험의 3가지 결과만으로도 자동노출 장치의 성능과 동작 특성을 알 수 있으며, 실험 값을 해석하여 정도 관리의 지표로 삼아 지속적인 성능 관리를 할 수 있다.
3. 방사선 발생 장치 안전관리에 관한 규칙(보건복지부령 제3호 95.1.6)에 규정된 내용을 주체적이며 경제적으로 관리할 수 있는 방법이다.

## 참 고 문 헌

1. 김정민, 김건중, 허준 : X선 자동 노출 제어장치에 관한 검토, 대한방사선기술학회지, Vol 14, No 1, PP 23-28, 1991.
2. 김정민 : 자동 노출장치에 대한 검토, 대한방사선기술학회지, Vol 15, No 1, PP 51-63, 1992.
3. 김정민 : 소화관 전용 X선 TV 장치의 자동 노출기구 Auto-Shot 특성에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, Vol 16, No 1, PP 95-99, 1993.
4. 이해룡 : 의료용X선 장치, 대학서림, PP 359-387.
5. 정인숙 : 존 시스템, 눈빛, 1992.
6. 神田幸助, 허준 역 : 방사선 화상정보, 신광출판사, pp 187-189, 1996.
7. Quality Assurance for Radiographic X-Ray Units and Associated Equipment, DHHS Pub. (FDA) -79-8094.
8. 김영일 : 진료 영상기 Q.C, 대학서림, 1993, pp56.
9. Code of Federal Regulation, 21.§ 1000.55, 1995.
10. 대한방사선사협회 : 진단용 방사선안전관리(II) 성능 관리편, 1998.
11. Toshiba : connection diagrams for x-ray generator-model KXO-80N.
12. 김정민 : 자동 노출장치에 대한 검토, 대한방사선기술학회지, Vol 15, No 1, 51-63, 1992.
13. 김정민, 김건중, 허준 : X선 자동 노출 제어장치에 관한 검토, 대한방사선기술학회지, Vol 14, No 1, pp27, 1991.
14. Toshiba : operation manual for x-ray generator-model KXO-80N.

15. 김성철 외 4인 : X선 영상증배관의 상대변환계수 측정  
정에 관한 검토, 대한방사선기술학회지, Vol 20,  
No2, 28-33, 1997.
16. 이해룡 : 의료용 X선 장치, 대학서림, 1989, pp370.
18. 한국방사선 기술연구회 : 방사선 장치, 신광출판사,  
1979.
19. 허 준 역 : 방사선상정보학, 신광출판사, 1993.