

논문 2004-41SC-6-8

## 혈관조영장비의 성능관리 기준개발

### (Establishment of Standard of Property Control for Angiographic Equipments)

임 현 수\*, 김 부 길\*\*

(Hyun-Soo Lim and Bu-Gil Kim)

#### 요 약

최소한의 피폭선량으로 고품질의 영상진단정보를 제공하기 위하여 노후화 및 불량인 장비를 선량과 해상력을 이용하여 평가하며, 국내특수의료장비 법제화를 위한 실태파악을 토대로 국내실정에 맞는 기준치를 개발하는 것이 논문의 목적이다. 전국 29개병원에 설치되어 있는 혈관조영장비 46대를 대상으로 입사선량율(EER) 및 입력형광면조사선량(IPER)을 ion chamber로 측정하였고, Burger Rose 팬텀을 사용하여 투시영상의 저대조도 해상력을 측정하였다. 현재 대학병원 및 종합병원에서 사용되는 혈관조영 장비의 현상태를 파악함으로써 장비의 노화정도를 예측하고 부적절한 장비의 사용제한을 목적으로 종합평가 결과의 통계치로 1안(1)과 2안(2)으로 구분하여 기준안을 작성하였다. 해상력 및 선량으로 장비를 조사하였을 때, 91%의 혈관조영X-선 장치가 기준 이상의 성능을 갖추고 있었으며 기준 미달의 장치의 경우 병원에서 교체를 검토하고 있음을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

To make a guide line of property control of angiography equipments, we made standard evaluation sheet forms of facility and management of angiography suite, physical properties of angiography equipments, and image quality of film and then surveyed them at 29 hospital nationwide. Survey and development of standard evaluation sheet form of physical properties of angiography equipments. By using resolution & radiation dose, physical properties of angiography equipments of 49 in number nationwide were evaluated. Most of them (91%) had good performance.

**Keywords:** quality control, angiographic equipment, EER, IPER

### I. 서 론

유방촬영 장비는 미국방사선의학회(ACR)과 FDA 공동으로 1980년대에 유방촬영 장비의 기준안이 수립되어 사용되고 있으며 평가내용은 해상도, 자동노출장치 정확도, 증감지 감도, 인공물 점검, 영상점검, 판전압 정확도 및 재현성, Beam quality 점검, 자동노출장치 재현성, 방사선 출력률, 판독실 조도 등이 있다<sup>[1]</sup>.

2002년 수립된 국내 CT장비의 방사선의학회 성능관

리 기준안의 내용은 AAPM 팬텀을 이용하여 해상력, 절편두께의 적정성, window and level setting의 적정성, 노이즈 및 아티팩트 여부의 적정성, 조영증강의 적정성 등을 평가하고 있다<sup>[2]</sup>.

이 연구의 목적은 국내특수의료장비 관리규정의 법제화를 위한 실태 파악을 토대로 국내 실정에 맞는 기준치를 개발하여 최소한의 피폭선량으로 고품질의 영상진단정보를 제공하기 위하여 노후화 및 불량인 장비를 선량과 해상력을 이용하여 평가하며, 임상에서 이용할 수 있는 방법으로 제조사별 기준이 다른 장비의 성능을 평가할 수 있는 공통된 기준을 개발하고자 한다.

### II. 대상 및 실험방법

전국에 설치되어 운용중인 혈관조영X선장치 중 29개

\* 정회원, 충남대학교 의과대학 의공학교실  
(College of Medicine, Chungnam National University)

\*\* 정회원, 전북대학교 의과대학 의공학교실  
(College of Medicine, Chonbuk National University)

※ 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업 휴대형 진단치료기기 개발센터의 지원에 이루어진 것임.(과제고유번호:0405-ER01-0304-0001)

접수일자: 2004년7월2일, 수정완료일: 2004년11월3일

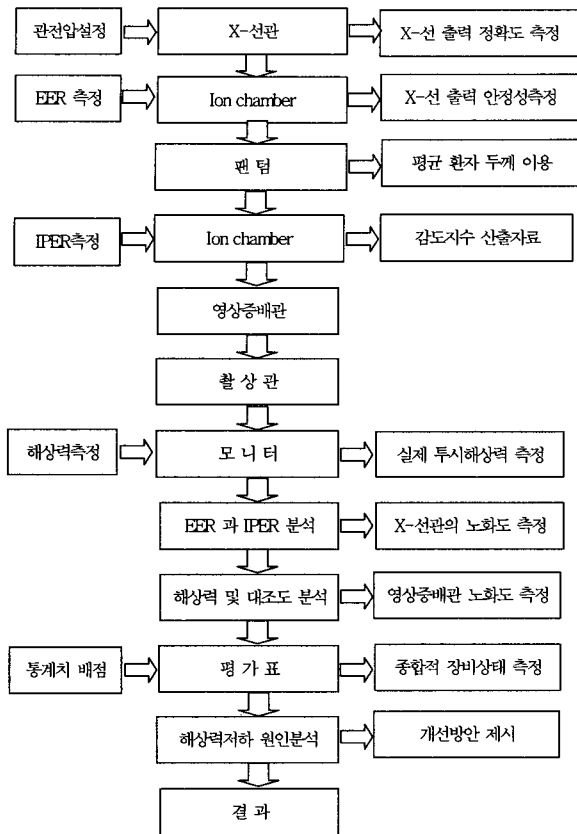


그림 1. 실험 방법  
Fig. 1. The Diagram of experiment method.

병원에 있는 46대를 측정하였다. 측정병원은 지역별로 서울 8(20대), 경기 3(4대), 대구 4(5대), 부산 4(5대), 광주 3(4대), 대전 3(3대), 전북 3(4대), 충북1(1대)개 병원이었다. 측정대상병원을 병상수로 분류하면 500병상 미만 1개, 500-1000병상 20개, 1000병상 이상 8개 병원이었다.

측정장비를 제조사별로 분류하면 Siemens 13대, Philips 22대, GE 8대, Shimadzu 2대, Hitachi 1대였다. 장비의 평균 사용 기간은 평균 6.4년이었으며 5년 이하 15대(33%), 5년 초과 10년 이하 24대(52%), 10년 초과 7대(15%)였다

X-선관 출력의 정확성을 측정하기 위하여 Nero-8000장비를 이용하여 kVp 및 mAs의 설정치의 오차율을 측정하고, ion chamber를 팬텀의 하부에 위치시켜 입사선량을(EER)을 측정하므로써 X-선 출력의 안정성을 측정한다. 이때 사용되는 팬텀의 두께는 인체의 평균 두께인 20cm를 사용하며 주로 사용 되는 60kVp에서 100kVp까지 측정하였다.

감도지수 및 영상증배관의 노화도를 평가하기 위하여 영상증배관에 입사되는 X-선량인 입력형광면조사선량(IPER)은 ion chamber를 영상증배관 전면에 부착하

여 측정한다. 공간해상력의 측정은 line pair pattern을 영상증배관 전면에 부착하고 모니터상에 나타나는 투시상의 해상력을 평가하며 EER과 IPER의 분석을 통해 X-선관의 노화도를 평가한다.

해상력 및 감도지수는 많이 이용되는 확대율0, 확대율1을 측정하였다. 위와 같은 실험방법을 통하여 측정된 결과를 혈관조영장비 성능관리 평가표에 배점하여 그 결과를 통해 국내에서 사용중인 장비상태를 평가하고, 국내실정에 맞는 성능관리 기준안을 작성한다. Fig 1은 이 실험방법을 종합적으로 나타낸 순서도 이다.

### 1. 입사선량을

EER은 X-선관에서 조사된 X-선이 환자에 피폭되는 선량을 말하며 이 실험에서는 공통된 조건을 설정하기 위하여 환자와 등가체인 20cm polyethylene phantom을 사용하였다. 이 실험에서 SID(Source to Image intensifier distance)는 100cm으로 고정하였으며 SOD (Source to object distance)는 60cm으로 측정하였다<sup>[3]</sup>.

측정방법은 정상조사야(normal collimation)을 선택하고 자동노출제어장치(auto bright controller ; ABC)의 영향을 피하기 위하여 cone down mode는 선택하지 않았다. 측정 kVp는 60, 70, 80, 90, 100으로 하였으며 투시의 경우는 10mA를 설정하였다. 그러나 측정대상장비 중 P사와 S사의 경우 kVp설정이 임의적으로 이루어지지 않아 팬텀 위에 납판의 두께를 조절하여 kVp를 조절하였다.

EER의 측정은 투시 및 spot촬영에서 자동회도조절장치(ABC)가 있는 경우10R/min, ABC가 없는 경우 5R/min이상 환자에 조사는 허용되지 않는다. (진단용방사선선발생장치에 관한안전규칙 제4조 1항) 그러나 X 선관의 필라멘트 전압이 저하되어 입사되는 선량이 적은 경우에 화질저하를 가져올 수 있다.

### 2. 입력형광면조사선량

IPER의 측정은 ion chamber를 영상증배관 전면에 부착하고 투시조건을 60KVP로 설정하여 확대율0, 확대율 1, 확대율 2에서 측정하였다. 조사야는 정상조사야로 설정하였다.

IPER은 투시 화질관리 프로그램에서 매우 중요한 파라미터로서 투시장치의 전체적인 상황을 파악할 수 있는 척도이기도 하다. 전문적인 EER측정만으로 안전관리 규정을 만족시킬 수는 있지만 EER은 관전압과 환자의 두께, X선 격자의 사용여부, SID 및 기타 요인에 따라

많은 영향을 받는다는 점에 유의하여야 한다. 따라서 ABC를 탑재한 최신 장치에는 IPER이 보다 알맞은 측정법이라 할 수 있다.

### 3. 공간해상도

Line pair pattern을 영상증배관 전면에 부착하여 고 유해상도를 측정하였다. Pattern의 방향은 격자의 영향을 최소화 하기위하여 격자와 수직의 방향으로 위치시켰다. X-선 노출조건은 EER과 IPER의 상관관계를 분석하기 위하여 동일한 조건인 60kVp에서 측정하였다. 측정은 영상증배관의 확대율 0, 확대율 1, 확대율 2에서 관측자 3인의 공통된 측정치를 실제측정치로 취하였다.

### 4. 저대조도 검출감도

저대조도 검출감도를 평가하기 위하여 Burger-Rose 팬텀을 측정하였다. 팬텀은 테이블 상단 그리고 조사야의 중심부에 위치시킨다. 조사야는 팬텀을 중심으로 콜리메이션을 실시하며 확대율에 따라 관찰되는 hole의 수를 평가하였다.

### 5. 영상왜곡도

beam alignment test tool로 X선관과 II의 중심점을 측정하고, 측정된 중심점에 I-I field sizing gauge의 중심을 맞추어 부착한 후 중심점에서의 거리를 측정한다. 조사야의 상,하, 좌,우를 측정하여 중심점에서의 왜곡 정도를평가 한다.

## III. 결 과

### 1. 입사선량을(EER) (R/min)

	Min	Max	Mean	SD	10R/min 이상
EER 60kVp	0.12	6.07	1.47	1.41	0
EER 70kVp	0.12	9.07	2.76	2.24	0
EER 80kVp	0.12	12.90	5.14	3.70	6
EER 90kVp	0.12	16.94	7.21	5.21	12
EER 100kVp	0.12	19.00	7.81	6.24	15

1) EER 60kVp에서는 최소 0.12R/min에서 최대 6.07R/min, 평균(1.47±1.41R/min)로 나타났으며

70KVP에서는 최소0.12R/min에서 최대9.07R/min, 평균(2.76±2.24R/min), 80kVp 최소0.12R/min, 최대 12.90R/min, 평균 (5.14±3.70R/min), 90kVp 최소 0.12, 최대 16.94R/min, 평균 (7.21±5.21R/min) 그리고 100kVp에서는 최소 0.12R/min, 최대 19.00R/min, 평균(7.81±6.24R/min)으로 측정되었다.

- 2) 60과 70kVp에서는 안전관리 규정을 벗어나는 장비가 없었으나 80kVp에서 6대, 90kVp에서 12대, 100kVp에서 15대가 10R/min을 초과하였다.
- 3) 종합평가는 60, 70, 80, 90, 100kVp에서의 EER선량을 각각 평가하여 방사선안전관리규정에 적합한 10R/min이하는 2점, 이상인 장비는 0점으로 하였다.

### 2. 입력 형광면 조사선량 IPER(60kVp) (mR/min)

	Min	Max	Mean	SD
IPER(0 MAG)	3.10	210.00	37.44	44.59
IPER(1 MAG)	4.50	225.20	47.86	52.60
IPER(2 MAG)	6.40	374.00	55.43	65.45

- 1) IPER은 영상 증배관에 입사되는 선량으로 IPER이 높으면 저대조도 검출감도가 우수한 것으로 알려져 있다.
- 2) 확대율 0에서 IPER의 최소값은 3.1mR/min이었고 평균(37.44±44.59 mR/min), 최대값은 210 mR/min으로 약 68배 높은 것으로 나타났으나 저대조도 검출감도는 9와 12로 나타났다. 특히 저대조도 검출감도가 16인 장비의 IPER은 평균값 영역인 약 35 mR/min으로 두 대의 장비에서 비슷한 선량을 나타냈다.
- 3) 확대율 1에서는 최소4.5 mR/min, 최대 225.2 mR/min, 평균(47.86±52.60 mR/min), 확대율 2에서는 최소 6.4 mR/min, 최대374 mR/min, 평균 55.43±65.45 mR/min)로 나타났다.
- 4) IPER이 낮으면 노이즈가 증가하여 영상의 질을 저하시킨다. 반대로 IPER이 높으면 저대조도 검출감도는 증가하지만 환자와 시술자에게 피폭되는 선량은 증가한다.
- 5) 현재 기준적인 IPER값이 설정되어 있지 않아 이번 측정에서는 저대조도 검출감도와 IPER값을 중

합한 감도지수를 구하여 평가한다.

- 6) 장치평가표 항목 중 점수 배점은 60-100kVp의 EER측정치가 10R/min이하인 경우 2점, 10R/min 이상인 장비는 0점으로 하였다.

3. 공간해상력(lp/mm)

	Min	Max	Mean	SD
0 MAG	0.6	1.6	0.94	0.29
1MAG	0.6	2.2	1.20	0.36
2 MAG	1.0	2.8	1.54	0.42

- 1) 공간해상력은 60kVp에서 측정하였으며 투시모드는 10mA를 기준으로 하였고 선량을 정확히 변동시킬 수없는 장비에서는 검사 파라미터에 입력된 조건 중 가장 근접한 조건을 선택하였다
- 2) 확대율 0에서 최소 0.6 lp/mm, 최대 1.6 lp/mm, 평균(0.94±0.29 lp/mm)였으며 확대율 1에서는 최소 0.6 lp/mm, 최대 2.2 lp/mm, 평균(1.20±0.36 lp/mm) 그리고 확대율 2에서는 최소 1.0 lp/mm, 최대 2.8 lp/mm, 평균(1.54±0.42 lp/mm)로 측정되었다.
- 3) 측정된 해상력의 평균치로 분석한 결과 평균치에서 1개의 확대율이 평균치에 미달인 장비는 3대, 2개의 확대율이 미달인 장비는 3대, 3개의 확대율 전부에서 미달인 장비는 13대로 나타났다.
- 4) 공간해상력 이론치와 실측치를 비교하여 이론치에서 미달되는 정도를 비교 평가한다

$$\text{이론적 공간해상력} = \text{사용matrix size}/2 \times \text{입력형광면의 지름(mm)}$$

5) 이론치 실측치 비교결과 (%)

	Min	Max	Mean	SD
0 MAG	-60.9	56.30	-5.47	24.93
1 MAG	-51.2	37.5	-9.59	22.38

위 결과를 토대로 확대율 0에서 1δ -30.39%, 2δ -55.32%, 확대율 1δ에서는 1δ -32%, 2δ -54.3%로 1δ 이하인 경우 4점, 1δ - 2δ사이는 2점, 2δ 이상인 장비는 0점으로 평가하였다.

4.저 대조도 검출감도

0 MAG	6	Max	10.63	SD
1MAG	9	16	12.96	2.68
2 MAG	10	17	14.46	2.23
		20		1.92

- 1) 저대조도 검출감도는 확대율 0에서 최소값은 6, 최대값은 16, 평균 (10.63±2.68)로 측정되었다. 확대율 1에서는 최소값 9, 최대값17, 평균 (12.93±2.23)이었으며 확대율 2에서는 최소값10, 최대값 20, 평균(14.46±1.92)로 확대율이 증가할수록 편차는 감소하였다.

5.감도지수(FOM)

	Min	Max	Mean	SD
0 MAG	2.82	25.43	7.64	4.81
1MAG	2.55	21.03	7.26	4.09
2 MAG	2.09	19.34	6.80	3.37

- 1) 감도지수 = 25-저대조도 검출감도(hole 수) ×
- 2) 이론적으로 감도지수는 10 이하까지 허용한다.
- 3) 확대율 0에서 감도지수는 최소 2.82, 최대 25.43, 평균(7.76±4.81)로 나타났다. 감도 수가 확대율 0에서 10을 초과하는 측정 장비는 8대가 있었다.
- 4) 확대율 1에서 최소 2.55, 최대 21.03, 평균 (7.26±4.09)였으며 10이상인 장비는 7대였다, 확대율 2에서는 최소 2.09, 최대19.34, 평균 (6.80±3.37)이었으며 7대의 장비가 10이상으로 측정되었다.
- 5) 위 결과를 토대로 확대율 0에서 1δ 12.45, 2δ 17.26, 확대율 1δ에서는 1δ 11.35, 2δ 15.44로 1δ 이하인 경우 4점, 1δ - 2δ사이는 2점, 2δ이상인 장비는 0점으로 평가하였다.

6. 영상왜곡도 (%)

	Min	Max	Mean	SD
상.하	.00	40.85	6.90	7.11
좌.우	0.6	18.40	6.29	4.93

- 1) 영상 왜곡도는 영상의 상.하를 측정하였을 때 최소 0%, 최대 40.85%, 평균 (6.97.11%)였으며, 좌.우의 왜곡정도는 최소 0.6%에서 최대 18.40%, 평

균(6.294.93%)로 나타났다.

- 2) 장비의 축이 1도 기울면 약15-20%정도의 영상에서 왜곡정도를 나타낸다.
- 3) 영상의 왜곡도의 평가는 왜곡의 정도가 5%미만 3점, 6-10% 2점, 10-20% 1점, 20%이상 0점으로 평가하였다.

7. 장비성능평가 기준안

이상의 결과를 종합하여 혈관조영X선장치의 성능관리 기준안을 Table 1과 같이 1안과 2안으로 작성하였다.

IV. 고 찰

장비의 안전성에 대한 평가는 장비설치 후 3년 마다 시행되는 사후 검사기준에 kVp, mA, 노출시간 등의 요소들이 측정대상 장비들 모두에서 적정하였다.

또한 X-선관에서 1m거리에서 측정하는 누설선량 또한 100mR/hr의 기준에 미달인 장비는 없었다<sup>[4]</sup>.

입사선량은 투시 및 촬영을 포함하여 어떠한 조건

표 1. 혈관조영장비 성능평가 기준  
Table 1. Proposal Sheet of Property Control for Angiographic Equipment.

		1안(1δ)	2안(2δ)
kVp		10%이하	10%이하
mA		20%이하	20%이하
초점크기		1mm이하	1mm이하
HU용량		50만 HU이상	50만 HU이상
AEC		유	유
ABC		유	유
격자		유	유
부가여과		유	유
DSA		유	유
투시선속		유	유
해상능	0Mag	40cm/1.3(1.8)	40cm/0.8(1.8)
		30cm/1.5(2.2)	30cm/1.0(2.2)
	1Mag	31cm/1.4(2.0)	31cm/0.9(2.0)
		22cm/2.0(3.0)	22cm/1.4(3.0)
감도지수	0Mag	12.5	17.3
	1Mag	11.4	15.4
입사선량을	60-100kVp	10R/min이하	10R/min이하
왜곡도	상.하	14%	21%
	좌.우	11%	16%
누설선량		100mR/hr이하	100mR/hr이하

에서도 10R/min을 초과할 수 없는 규정에는 80kVp에서 13%, 90kVp 26%, 100 kVp 33%를 나타내고 있어 선량에 대한 재조정이 필요하다. 혈관조영X-선장치의 발달로 현재 사용되는 장비에는 자동회도조절 장치, 자동노출조절장치(AEC)가 장착되어 있어 피사체의 두께에 따라 자동으로 조건이 설정되고 조사된다.

이번 연구에서 동일한 두께의 팬텀을 사용하여 선량을 측정하였으나 장비마다 노출되는 조건의 차이가 발생하였다. 제조사에 따라 노출조건을 사용자가 설정할 수 있는 장비도 있었으나 측정대상 장비의 83%는 노출조건을 임의로 변화시킬 수 없어 팬텀의 두께를 변화시키며 측정하였다.

영상증배관의 성능 평가는 X-선량을 빛으로 변화시키는 효율을 촬상관 전면부에서 휘도계를 이용하여 측정하는 것이 바람직하나 측정의 기술적 제한에 의해 모니터에 표시되는 해상력을 주된 평가대상으로 설정하였다. 모니터의 평가도 제조사별로 평가 패턴이 상이하며, 공통적으로 SMPTE패턴을 이용하려 하였으나 S사, G사의 모니터에는 display가 가능하지만 P사의 모니터 표시방식이 달라 정상적으로 display를 시행하지 못하였다.

IPER은 동일제조사의 장비이지만 10배 이상의 차를 나타내는 경우도 있었다. IPER이 높으면 저대조도 식별능력이 우수하다. 저대조도 물질에 대한 식별능력을 저하시키는 중요한 요인 중의 하나는 노이즈이며 IPER이 낮으면 노이즈의 발생이 증가한다. 단 IPER이 높으면서 저대조도 식별능력이 저하된 장비는 촬상관과 모니터의 점검이 실시되어야 한다<sup>[5]</sup>.

공간해상력의 평가는 주관적인 평가요인이 발생할 수 있다. 이는 측정하는 사람마다의 시력에 따라 다르게 측정될 수 있으므로 이번 연구에서는 3-4명의 평가자의 측정값을 종합하여 기술하였다. 영상왜곡도는 장비 축(axis)의 오차에 따라 발생된다. 시술자는 정확한 영상을 얻기 위하여 장비에 표시되는 각도에 맞추어 영상을 관찰하지만 오차 발생정도에 따라 필요한 영상정보를 얻지 못하거나 변형된 영상정보를 얻을수도 있다.

장비의 표준종합평가의 배점은 장비의 성능 안정성과 기능, 그리고 영상의 질을 평가하여 영상의 질적 평가에 가장 많이 배점하였으며 다음은 장비의 안정성측면에 점수를 배점하여 평가하였다. 지금의 측정방법으로 기술적 제약을 고려한다면 시술에 가장 많은 영향을 주는 요소에 따라 영상을 평가하는 기준이 만들어져야 한다.

장비의 평가는 보다 객관적이고 정량적인 평가기준이 설정되어야 한다. 그러나 자동회도장치(ABC)에 따라 투시 선량이 변화되고, 자동노출장치에 따라 노출조건이 자동으로 조절된다. 장비의 질이 저하되거나 정비가 불량하여도 자동화 장치들에 의하여 외견상의 화질은 크게 저하되지는 않지만 X-선량은 증가되고 있다. 이러한 자동화 장치들의 노후에 대한 평가 방법 및 기준의 설정이 필요하다<sup>6)</sup>.

영상 증배관에 부착된 형광체 사용이 많으면 형광체의 발광효율이 저하된다. 발광효율의 저하는 광전자의 감소를 발생시키므로 영상 증배관에서 발생시키는 빛의 저하를 초래하게 된다. 현재 국내에서 영상증배관의 노후를 이유로 교체하는 경우는 극히 드물고 이를 보상하기 위하여 선량을 증가시키는 방법이 일반적으로 시행되고 있는 실정이다. 환자 및 시술자의 피폭감소를 위하여 입사선량에 대한 기준치 준수는 선행되어야 한다.

### V. 결 론

현재 대학병원 및 종합병원에서 사용되는 혈관조영장비의 현상태를 파악함으로써 장비의 노화정도를 예측하고 부적절한 장비의 사용제한을 목적으로 기준안을 제시하고자 한다.

- 1) 종합평가의 결과는 최소 34점, 최대 50점이며 평균(46.174.74)로 나타났다.
- 2) 종합평가의 결과를 이용하여 장비성능평가 기준안을 Table 1 같이 1안(1δ)과 2안(2δ) 으로 구분하여 작성하였다.
- 3) 두 개의 제시된 기준안 모두 방사선안전관리규정에 따른 안전성 영역은 법규를 기준으로 제시하였고, 혈관중재시술을 위하여 필요한 최소한의 장비 파라미터의 구성을 기준안으로 제시하였다.

- 4) 혈관조영 및 중재적 시술에서 가장 중요한 해상력은 장비제조시점에 비해 1안에서는 -30%, 2안에서 -55% 이상을 최저의 기준으로 제시한다.
- 5) 평균치에 1안을 기준으로 41.4이하인 장비는 6대이며, 2안 기준으로 36.7이하인 장비는 4대로 나타났다. 41점 이하는 6대 장비로 1000병상 이상 2대, 500-1000병상 4대로 나타났다. 장비의 사용 기간 은 20년 1대, 14년 1대, 13년 1대, 10년이 3대였다.
- 6) 이러한 기준에 따라 평가하였을 때 장비평가의 최소 기준점의 설정은 95%신뢰 수준인 2안을 기준으로 평가하는 것이 타당 할 것이다. 현재 2이하인 장비 4대 중 1대는 교체 중이며 2대의 장비는 2004년에 교체 계획이고, 다른 1대의 장비는 3년 내에 교체를 계획하는 것으로 보고 되었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이경수. 전산화단층X-선촬영장치의 성능평가 기준 개발. 용역연구개발 사업최종보고서 식품의약품안전청. 2002.
- [2] 유방방사선과학연구회. 유방촬영정도관리 2001; pp. 49-60.
- [3] Ernst Ammann, Gunter Wiede: Generators and Tubes in Interventional Radiology. RSNA, 1998
- [4] 김창균 방사선계측학 신평출판사, pp. 130-134, 1994.
- [5] Cowen AR. The physical evaluation of the imaging performance of television fluoroscopy and digital fluorography system using the Leeds x-ray test. American Institute of physics. 499-505, 1995.
- [6] Gray JE, Winkler NT. Quality control in diagnostic imaging. Baltimore, Md: University Park Press, 1983.

### 저 자 소 개



임 현 수(정회원)  
 1993년 명지대학교 의용전자공학 박사  
 1992년~1993년 Rensselaer Polytechnic Institute  
 1995년~현재 충남대학교 의과대학 의공학과 주임교수  
 1998년~현재 충남대학교 대학원 의공학협동과정 주임교수  
 <주관심분야: 분자영상, 생체영상처리, 생체 광학, 광역학적 진단 및 치료>

김 부 길(정회원)  
 1983년~현재 전북대학교 의과대학 의공학교실 교수.  
 <주관심분야: 방사선 검출 및 검출기기, 방사선 질병 진단 및 치료, >