

디지털 유방확대촬영술에서 노출방식에 따른 피폭선량 평가

- The Evaluation of Radiation Dose by Exposure Method in Digital Magnification Mammography -

단국대학교병원 영상의학과 · 안산대학교 방사선과¹⁾

김미영 · 김화선¹⁾

— 국문초록 —

디지털 유방촬영술은 유방의 두께 및 유선조직의 밀도에 따라 노출조건이 자동으로 이루어지는 자동노출제어 장치를 사용하고 있는데 이는 피폭선량을 증가시키는 원인이 되기도 한다. 이 연구에서는 디지털 유방확대촬영술에서 영상의 질을 유지하며 불필요한 방사선 피폭을 줄이기 위한 최적의 방사선량 촬영조건을 알아보았다.

자동노출방식을 사용할 경우 가장 좋은 영상화질을 얻을 수 있었으나 평균유선선량 역시 가장 높았다. 수동노출방식의 경우 자동노출방식의 55% 정도의 mAs 값만으로도 기준 팬텀영상 점수와 신호대잡음비를 얻을 수 있으며 평균유선선량은 55% 이하로 줄일 수 있었다.

위와 같은 결과를 참고로 하면 디지털 유방확대촬영 시 자동노출방식보다는 수동노출방식을 이용함으로써 불필요한 환자의 피폭선량을 줄일 수 있을 것이라 생각된다.

중심 단어: 디지털 유방확대촬영술, 평균유선선량, 팬텀

I. 서 론

우리나라 여성의 유방암 발생률이 서구국가에 비해서는 낮은 편이지만 최근에 빠른 추세로 증가하여 2001년부터 유방암이 여성암 발생률 제 1위를 차지하고 있다.

따라서 유방암의 조기 진단을 위한 정기적인 건강검진 시 유방촬영술에 대한 관심이 날로 증가하고 있으며 많은 의료기관에서 이를 수행하고 있다. 또한 40세 이상 무

증상여성에서 조기 유방암을 발견하기 위하여 건강검진 시 유방촬영술을 받도록 권고하고 있다¹⁾.

유방촬영술은 유방암에 의한 사망률을 감소시킬 수 있고, 만져지지 않는 유방암을 조기 발견할 수 있는 방법으로 알려져 있다^{2,3)}. 이런 유방촬영술은 병변과 유선조직이나 지방조직 등 주위조직의 엑스선 흡수차가 작고 미세 석회화를 모출해야 되는 어려운 점을 가지고 있다. 특히 우리나라 여성의 경우 치밀 유방이 많아 암을 발견하기가 더 어렵다⁴⁾. 치밀유방은 유방영상의 민감도를 감소시키는 가장 중요한 요인⁵⁾으로 알려져 있다.

최근 보급과 사용이 증가하고 있는 디지털 유방촬영술은 관용도가 넓고 노이즈가 적으며 신호대잡음비(signal to noise ratio, SNR)가 높다는 장점을 가지고 있고, 대조도 조절과 후 영상처리기법(post processing)을 이용할

* 접수일(2012년 10월 30일), 1차 심사일(2012년 11월 13일), 2차 심사일(2012년 11월 29일), 확정일(2012년 12월 11일)

교신저자: 김미영, (330-715) 충남 천안시 안서동 산16-5
단국대학교병원 영상의학과
Tel : 041-550-6915
E-mail : 1004-atom@hanmail.net

수 있어 치밀유방의 평가와 미세 석회화의 발견 및 감별이 우수한 것으로 알려져 있다⁶⁾. 이와 함께 미세한 소견의 관찰력을 높여 유방 병변의 발견율을 향상시키기 위한 방법으로 확대촬영이 이용되고 있다. 이 방법은 유방을 거상대 위에서 압박을 하여 초점과 유방 사이의 거리를 가깝게 하여 확대하는 방법이다. 확대촬영술에서 영상의 질을 좌우하는 변수들은 확대 정도, 관전압, 관전류, 노출시간이 있으며 이들은 방사선량과 연관되어 있다. 또한 확대촬영 시에는 기하학적 불선예도를 줄이기 위해 소초점을 사용하게 되는데 이는 노출시간을 증가시켜 방사선량을 증가시키는 원인이 된다.

근래 유방촬영 시 환자가 받는 방사선량이 조기 유방암 발견의 이익보다 방사선피폭으로 인한 위해를 더 유발시킬 수 있다는 다수의 보고도 있어 환자가 유방촬영 시 안심하고 검사를 받을 수 있도록 환자에 대한 방사선 방어 및 안전관리 대책이 필요하게 되었다.

이 연구에서는 미세병변을 확인하기 위해 추가적으로 시행되고 있는 유방확대촬영 시 유방영상의 질을 유지하면서 불필요한 방사선량을 감소시킬 수 있는 최적의 방사선량을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험장치

- 1) 유방촬영장치: Lorad Selenia, Hologic, USA.
- 2) 유방팬텀: model-156, Gammex Mammographic Acctedation Phantom, Gammex Inc, USA.

팬텀은 4.2 cm 두께로 압박된 유방에 해당되며 지방조직과 유선조직이 50:50의 비율로 구성되어 있으며 내부에 모조병소들이 들어 있다. 모조병소들은 1.56, 1.12, 0.89, 0.75, 0.54 mm의 직경을 가진 6개의 섬유소(fiber), 직경이 0.54, 0.40, 0.32, 0.24, 0.16 mm인 5개의 미세석회화(speck)그룹(각 그룹은 6개의 미세석회화로 구성), 그리고 직경이 2.0, 1.0, 0.75, 0.5, 0.25 mm로 작아지는 5개의 종괴(mass)로 구성되어 있다.

2. 실험방법

- 1) 팬텀영상과 평균유선선량 측정

디지털 유방촬영기에 확대촬영용 거상대(1.8배율)를 설

치한 후 국소압박대를 이용하여 확대영상을 얻었다. 국소압박대는 팬텀 전체를 압박하기 위해 10×10cm 크기를 사용하여 40 Ibs로 압박하였다.

자동노출방식(auto mode)과 수동노출방식(manual mode)에서 각각 촬영을 실시하였다. 자동노출방식은 auto filter방식을 이용하였으며 이 방식은 압박물질의 내부구성과 압박정도에 따라 노출조건(필터, 관전압, 관전류, 노출시간)이 자동으로 설정된다. 수동노출방식은 관전압을 27 kVp로 고정시키고 110 mAs에서 시작하여 조건을 5 mAs씩 줄여가며 60 mAs까지 8단계로 촬영하였다.

촬영은 재현성 확인을 위하여 동일한 조건에서 각각 세 번씩 시행하였다. 모든 촬영에서 target/filter 조합은 W/Rh를 사용하였다.

평균유선선량은 촬영 시 장비에서 자동으로 측정되며 PACS 시스템에서 영상의 DICOM 정보를 이용하여 측정치를 확인하였다.

2) 팬텀영상 평가

팬텀영상 평가는 육안적 평가와 SNR을 이용한 객관적 평가를 실시하였다. 주관적 평가는 3명의 영상의학과 의사(유방전문의 1인, 전공의 2인)가 노출조건을 모르는 상태에서 무작위로 섞여 있는 총 33장의 팬텀 영상을 평가하였다. 각각 보이는 모조병소의 개수를 기록하여 점수화하였으며 ACR(American College of Radiology) 팬텀영상 평가기준에 따라 합격여부를 판정하였다. ACR 평가기준은 섬유소 병소 4개 이상, 미세석회화 병소 3개 이상, 종괴 병소 3개 이상이 보여야 하며 전체 16개 병소 중 10 이상이 되어야 합격으로 판정한다.

SNR은 촬영된 팬텀 영상에서 자동으로 관심영역이 설정되어 장비시스템에 의해 계산되었다. SNR 계산방법은 다음과 같다. 관심영역이 정해지면 disk 안쪽과 바깥쪽의 평균과 표준편차 숫자가 나타나며 이를 이용해 SNR을 계산한다.

$$\frac{\text{disk 바깥쪽 평균} - 50(\text{고정값})}{\text{disk 바깥쪽 표준편차}}$$

예를 들어 disk 안쪽 평균값이 396.7, 바깥쪽의 평균값과 표준편차가 493.5±8.5라고 한다면 SNR은 다음과 같다.

$$SNR = \frac{493.5 - 50}{8.5} = 52.1$$

III. 실험 결과

1. 촬영조건에 따른 평균유선선량

자동노출방식과 수동노출방식에 따른 관전압, 관전류량 별 평균유선선량은 table 1과 같다.

자동노출방식에서 압박팬텀을 촬영한 결과 관전압 27 kVp에 113.03 mAs가 측정되었으며 평균유선선량은 4.50 mGy로 나타났다. 수동노출방식은 관전압을 27 kVp로 자동노출방식과 동일하게 설정하였다. 관전압은 110 mAs로 자동노출방식과 유사한 수준에서 측정을 시작하였으며 평균유선선량은 4.34 mGy로 측정되었다. 5 mAs씩 조건을 감소시키며 촬영을 시행한 결과 75 mAs에서부터 평균유선선량이 3 mGy아래로 나타났으며 mAs가 감소함에 따라 평균유선선량도 감소하였다.

Table 1. Average mAs and AGD.

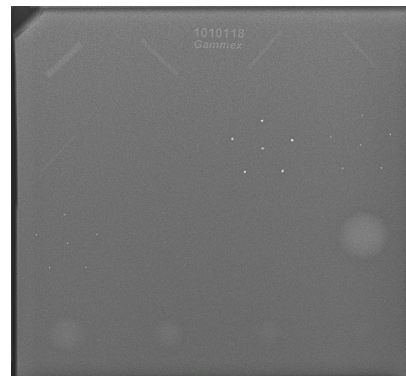
exposure mode	kVp	mAs	AGD(mGy)
auto	27	113.03	4.50
manual	27	108.83	4.34
manual	27	98.93	3.94
manual	27	94.00	3.75
manual	27	89.10	3.55
manual	27	84.10	3.35
manual	27	79.10	3.15
manual	27	74.20	2.96
manual	27	69.20	2.76
manual	27	64.30	2.56
manual	27	59.40	2.37

AGD: Average Glandular Dose

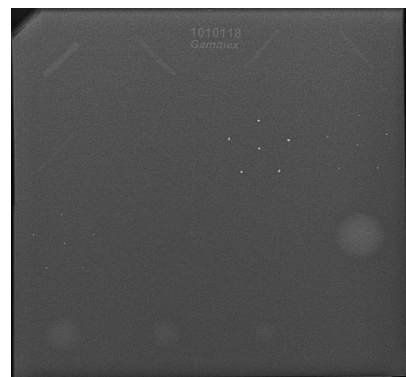
2. 평균유선선량과 팬텀점수

영상의학과 의사들이 평가한 모조병소들의 점수는 table 2와 같다.

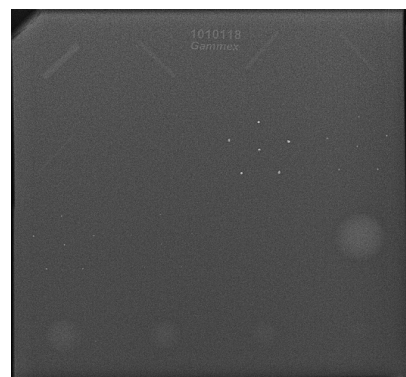
자동노출방식에서 평균점수는 섬유소 5.61점, 미세석회화 4.00점, 종괴 4.50점으로 각각의 합격 기준을 넘는 것으로 나타났다. 수동노출방식에서도 모든 촬영조건에서 품질관리 기준에 합격하는 것으로 나타났다. 최초 촬영수준인 110 mAs의 55 % 수준인 60 mAs에서도 섬유소 5.56 점, 미세석회화 4.00점, 종괴 3.33점으로 모두 합격기준을 넘는 것으로 나타났다.



a, auto mode
27 kVp
112.70 mAs
4.49 mGy
SNR: 71.86



b, manual mode
27 kVp
84.10 mAs
3.35 mGy
SNR: 64.39



c, manual mode
27 kVp
59.4 mAs
2.37 mGy
SNR: 50.68

Figure 1. Phantom image.

3. 평균유선선량과 SNR

평균유선선량과 SNR의 관계는 table 3과 같다. 자동노출방식에서 SNR은 69.19인 것으로 나타났으며 수동노출방식에서 평균유선선량이 감소함에 따라 SNR은 감소하는 것으로 나타났다. 이 촬영장비에서는 40이상의 SNR을 권고하고 있다.

Table 2. Average detection scores.

mode	mAs	AGD	Observer 1			Observer 2			Observer 3			Average		
			F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M
Auto	113.03	4.50	5.83	4.00	4.67	5.50	4.00	4.50	5.50	4.00	4.33	5.61	4.00	4.50
Manual	108.83	4.34	5.67	4.00	4.00	5.50	4.00	3.67	5.50	4.00	3.67	5.56	4.00	3.78
Manual	98.93	3.94	5.67	4.00	4.00	5.67	4.00	3.83	5.67	4.00	3.83	5.67	4.00	3.89
Manual	94.00	3.75	5.33	4.00	4.00	5.50	4.00	4.30	5.50	4.00	4.43	5.55	4.00	4.22
Manual	89.10	3.55	5.50	4.00	4.00	5.67	4.00	4.17	5.67	4.00	4.17	5.61	4.00	4.11
Manual	84.10	3.35	5.17	4.00	3.33	5.67	4.00	3.83	5.67	4.00	4.17	5.50	4.00	3.78
Manual	79.10	3.15	5.67	4.00	4.00	5.50	4.00	3.67	5.50	4.00	3.83	5.67	4.00	3.83
Manual	74.20	2.96	4.67	4.00	3.67	5.67	4.00	3.67	5.67	4.00	3.83	5.34	4.00	3.72
Manual	69.20	2.76	5.33	4.00	3.67	5.50	4.00	3.50	5.50	4.00	3.50	5.44	4.00	3.56
Manual	64.30	2.56	5.00	4.00	3.00	5.33	4.00	3.50	5.33	4.00	3.50	5.22	4.00	3.33
Manual	59.40	2.37	5.33	4.00	3.00	5.67	4.00	3.50	5.67	4.00	3.50	5.56	4.00	3.33

F: fiber S: speck M: mass

Table 3. Average AGD and SNR.

exposure mode	mAs	AGD(mGy)	SNR
auto	113.03	4.50	69.19
manual	108.83	4.34	68.63
manual	98.93	3.94	65.59
manual	94.00	3.75	66.24
manual	89.10	3.55	58.25
manual	84.10	3.35	62.14
manual	79.10	3.15	59.24
manual	74.20	2.96	56.85
manual	69.20	2.76	55.42
manual	64.30	2.56	52.53
manual	59.40	2.37	50.97

IV. 고 찰

유방암은 일생동안 8명의 여성 중 1명에게서 발생되어 질 수 있을 정도로 흔한 암으로, 한국유방암학회가 발표한 자료에 따르면 2001년부터 여성 암 발생 1위를 차지하고 있으며 지난 1996년부터 2008년까지 우리나라 여성의 유방암 발생률이 3.5배 이상 증가하였다.

유방암의 조기진단을 목적으로 정기적으로 실시되고 있는 대표적인 검사로는 유방촬영술을 들 수 있다. 유방촬영술의 목표는 환자에게 최소한의 방사선 노출로 고대조도,

고해상도의 영상을 만들어 유방암을 조기 발견하는데 있다. 그러나 조기 진단검사 및 추적 검사의 증가로 인하여 유방촬영으로 인한 피폭선량이 증가하고 있으며 이에 대한 관심 역시 급격히 증가하고 있다. 방사선 피폭은 환자들에게 직접적인 영향을 미치기 때문에 선량한도의 제한은 매우 중요하다. 이러한 중요성으로 인해 국내외를 막론하고 불필요한 방사선 피폭의 제한을 위해 기준 강화에 많은 관심과 변화를 보이고 있다. 국내에서도 표준촬영술의 경우 평균유선선량을 3 mGy 이하로 규정하고 있다. 그러나 유방확대촬영술에 대한 기준치는 마련되지 않고 있는 실정이다.

이 연구에서는 표준촬영술의 추가검사로 이용되고 있는 유방확대촬영술의 진단에 필요한 적정 방사선량을 알아보고자 하였다.

유선선량과 관련된 선행연구들을 살펴보면 신귀순 등⁷⁾은 유방실질 50%, 두께 4 cm의 팬텀을 이용해 촬영한 평균유선선량이 2.21 mGy로 나타났다고 보고하였다. 이 연구결과에서는 평균유선선량이 자동노출방식에서 113.03 mAs, 4.50 mGy로 나타나 신귀순 등의 연구와 조은혜 등⁸⁾의 연구결과보다 높은 것으로 나타났는데 이는 검사 장비의 차이와 확대촬영의 특성상 평균유선선량이 표준촬영술에 비해 높게 나타난 것으로 생각되어진다.

유방암의 발견과 진단은 유방영상의 질에 의해 상당히 영향을 받게 되는데 광학농도와 대조도, 해상도가 적절하게 유지되어야 양질의 유방촬영영상을 얻게 되어 정확한 진단을 하게 된다⁹⁾. 유방 팬텀은 이러한 목적에 의해 만들어 졌다. 팬텀을 이용해 평균유선선량과 모조병소와의

관계를 알아본 결과 모든 촬영조건에서 합격기준을 통과하는 것으로 나타났다. 수동노출방식으로 mAs를 단계적으로 낮추어 최초 선량의 55% 수준으로 촬영을 해도 병변의 성상을 관찰하는 데에는 어려움이 없는 것으로 나타났다. Svahn 등¹⁰⁾의 연구결과에서도 유방팬텀을 사용하여 보편적으로 사용되는 평균유선선량을 감소시키면서 얻은 영상을 분석한 결과 선량을 반으로 줄였을 경우에도 통계적으로 눈에 띄는 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 미세석회화 병소를 제외한 섬유화와 종괴 병소의 경우 관찰자들 간에 평가 점수의 차이가 있는 것으로 나타났는데 이는 관찰자들 간의 주관적인 의견이 반영된 것으로 생각되어진다. 물론 점수의 차이가 합격여부에 영향을 미칠 정도로 큰 차이를 보인 것은 아니지만 평가에 대한 신뢰도를 높이기 위해 관련 교육 등이 주기적으로 이루어져야 할 것이다.

이 연구에서는 팬텀 영상평가의 주관적 평가에 대한 신뢰도를 높이기 위해 팬텀 영상에 대한 SNR을 함께 측정하였다. SNR은 디지털 영상의 화질을 평가하는 기준으로서 SNR이 높을수록 잡음이 작아져 영상의 질은 향상된다¹¹⁾. 결과를 살펴보면 자동노출방식과 수동노출방식 모두에서 장비회사에서 권고하고 있는 수준(40 이상)을 넘는 것으로 나타났다. 수동노출방식의 경우 mAs를 55% 정도의 수준으로 낮추어도 최초 SNR의 75% 수준을 유지하는 것으로 나타났으며, SNR 측정을 통해 팬텀 영상평가의 객관성을 높일 수 있었다.

이 연구에서는 유방실질과 지방의 비율이 50 : 50인 4.2 cm 팬텀을 이용하여 측정을 실시하였다. 그러나 우리나라 여성의 경우 치밀유방이 많으며 유방압박의 두께가 4.2 cm보다 작은 것으로 보고되고 있어 이에 따른 추가연구가 필요할 것으로 생각된다. 김승영 등¹²⁾의 연구에 따르면 우리나라 여성의 경우 유방암 발생률이 가장 높은 40-49 세 연령대의 치밀유방의 빈도가 61.1-78.3%로, 서양여성의 44.8-47.2%에 비해 훨씬 높은 것으로 나타났다. 또한 우리나라 여성의 평균압박유방두께는 연구자에 따라 약간의 차이를 보이거나 신귀순 등¹³⁾은 cranio caudal view에서 약 3.85 cm, medio lateral oblique view에서 4.33 cm이라고 보고하였다. 또 다른 선행연구¹⁴⁾에서는 cranio caudal view에서는 3.95 cm, medio lateral oblique view에서는 4.15 cm라고 보고되고 있다. 이처럼 우리나라 여성과 서양 여성과는 유방구성의 차이가 있어 서양 여성을 대상으로 산출된 선량 권고량의 재확립이 필요하다고 생각된다. 특히 유방확대촬영의 경우 표준촬영술에 비해 촬영 횟수는 적으나 검사 특성상 선량이 증가

하고 표준촬영술에 대한 추가촬영으로 행해지고 있으므로 표준촬영술의 권고선량을 적용하는 것에 무리가 따를 수 있으므로 피폭을 줄이고 저감시키기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각되어진다. 이와 함께 최적의 최저 방사선량을 확인하는 후속연구가 진행된다면 이 또한 매우 의미 있는 연구가 될 것이다.

V. 결 론

표준촬영술의 추가촬영으로 그 빈도가 증가하고 있는 유방확대촬영 시 영상의 질을 유지하며 불필요한 피폭을 줄이기 위한 최적의 방사선량을 알아보기 위해 팬텀을 이용해 실시한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

디지털 유방확대촬영 시 자동노출방식보다 수동노출방식을 이용한다면 영상의 질을 유지시키면서도 불필요한 피폭선량을 줄일 수 있을 것으로 생각되어진다. 그러나 선량의 기준치를 적용함에 있어 서구여성과 다른 유방의 두께나 밀도 등 구성차이를 우리나라 여성에게 어떻게 반영할 것인지에 대한 논의는 계속되어야 할 것이다.

또한 유방촬영술의 시행 빈도가 증가하고 있는 상황에 장비의 선량을 정확히 측정하여 일정한 선량을 유지하도록 하는 것은 매우 중요하며 이를 지속적으로 관리하는 것 역시 필요할 것이다.

참고문헌

1. Ministry of Health and Welfare: 유방엑스선검사에서 환자선량 권고량 가이드라인, 방사선안전관리 시리즈, 16, 2008
2. Tabar, L., Yen, M. F., Vitak, B., Chen, H. H., Smith, R. A., Duffy, S. W.: Mammography Service Screening and Mortality in Breast Cancer Patient: 20-year Follow-up Before and After Introduction of Screening, *Lancet*, 361, 1405-1410, 2003
3. Duffy, S. W., Tabar, L., Chen, H. H. Holmqvist, M., Yen, M. F., Abdsalah, S., et al.: The Impact of Organized Mammography Service Screening on Breast Carcinoma Mortality in Seven Swedish Counties, *Cancer*, 95, 458-469, 2002
4. Park, J. Y., Baek, S. M.: A Study on the Actual Conditions and Characteristics of Mammographic Units in Some Area, *Journal of the Korean Society of Radiology*, 6, 121-127, 2012

5. Mandelson, M. T., Oestreicher, N., Porter, P. L., White, D., Finder, C. A., Taplin, S. H., et al.: Breast Density as a Predictor of Mammographic Detection: Comparison of Interval and Screen-Detected Cancers, *Journal of the National Cancer Institute*, 92, 1081-1087, 2000
6. Moon, W. K.: The Use of Computer-Aided Detection System and Digital Mammography in Seoul National University Hospital, The Second Seoul International Symposium for Computer-Aided Diagnosis Proceeding, 24-25, 2004
7. Shin, G. S., Kim, J. M., Kim, Y. H., Choi, J. H., Kim, C. K.: Comparison of Average Glandular Dose in Screen-Film and Digital Mammography Using Breast Tissue-Equivalent Phantom, *Journal of Radiological Science and Technology*, 30(1), 13-23, 2007
8. Cho, E. H., Lee, E. J., Joo, M. H., Lee, K. W., Ha, D. Y.: The Study for Average Glandular Dose Reduction in Digital Mammography, Seoul Radiological Technologists Association, 2009
9. Hong, K. H.: Study on Average Glandular Dose Measured using Mammo Phantom(CIRS model 15) on Mammography Equipment, Master's Thesis, Korea University, 2011
10. Svahn, T., Hemdal, B., Ruschin, M., Chakraborty, D., Andersson, I., Tingberg, A., et al.: Dose Reduction and Its Influence on Diagnostic Accuracy and Radiation Risk in Digital Mammography: an Observer Performance Study Using an Anthropomorphic Breast Phantom, *British Journal of Radiology*, 80, 557-562, 2007
11. GE Medical System: Senographe 2000 D DAP: Quality Control Tests for MQSA Facilities-QC Manual, 15-25, 2003
12. Kim, S. Y., Kim, M. H., Oh, K. K.: Analysis and Comparison of Breast Density according to Age on Mammogram between Korean and Western Women, *Korean Journal of Radiology*, 42, 1009-1014, 2000
13. Shin, G. S., Choi, J. H., Kim, Y. H., Kim, Y. H., Kim, C. K., Jang, J. H.: Patient Dose in Mammography, *Journal of Radiological Science and Technology*, 28(4), 292-299, 2005
14. Kwoen, D. C., Lee, E. M., Park, P.: Measurement of the Compression Force and Thickness applied during Mammography, *Journal of Radiological Science and Technology*, 26(2), 229-35, 2003

•Abstract

The Evaluation of Radiation Dose by Exposure Method in Digital Magnification Mammography

Mi-Young Kim · Hwa-Sun Kim¹⁾

Dept. of Diagnostic Radiology, Dankook Univ. Hospital

¹⁾*Dept. of Radiological Technology, Ansan University*

In digital mammography, Exposure factor were automatically chosen using by measurement breast thickness and the density of mammary gland. It may cause a increase glandular dose. The purpose of this study was to investigate optimal image quality in digital magnification mammography to decrease radiation exposure of patient dose. Auto mode gives the best image quality however, AGD showed better image quality. Image quality of manual mode passed phantom test and SNR at 55% mAs of auto mode commonly used in the digital magnification mammography. Also it could reduce AGD. According to result, manual mode may reduce the unnecessary radiation exposure in digital magnification mammography.

Key Words : Digital Magnification Mammography, Average Glandular dose, Phantom