

유방촬영에서 Geant4 시뮬레이션을 이용한 유방조직내 흡수선량에 관한 연구

- A Study on Absorbed Dose in the Breast Tissue using Geant4 simulation for Mammography -

서남대학교 방사선학과 · 원광보건대학교 방사선학과¹⁾

이상호 · 이종석¹⁾ · 한상현

— 국문초록 —

우리나라 여성들의 유방암 발생률이 빠르게 증가하면서 최근 유방검사에 대한 관심과 함께 촬영건수가 급격하게 증가하고 있다. 유방촬영술은 유방암을 조기에 진단할 수 있는 유일한 방법이지만 방사선 피폭에 의한 위해를 간과 할 수 없다. 따라서 유방촬영시 유방 조직 내 흡수되는 방사선량을 계산하는 것은 방사선 피폭에 대한 방호대책을 위해 중요할 수 밖에 없다. 인체 내에 흡수되는 방사선량은 직접 측정이 불가능하기 때문에 통계적인 계산방법이 사용되는데, 기존의 통계적 계산방법들은 인체모형팬텀을 사용하여 인체내부 구조를 묘사함으로써 방사선과 물질과의 상호작용을 전산모사 하도록 하였다. 그러나 최근 인체내 흡수선량 계산에 가장 정확한 것으로 알려진 몬테카를로 방법에서 Geant4 code를 이용한 전산모사는 CT의 DICOM 파일을 이용하여 실제 인체의 해부학적 구조를 그대로 재현함으로써 정확한 선량계산을 할 수 있도록 하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 유방조직 내 흡수선량을 계산하기 위해 Geant4 code를 이용한 전산모사를 실행하였고, Geant4가 제공하고 있는 DICOM 변환 파일을 이용함으로써 CT image data에서 표현된 인체구조를 시뮬레이션에 필요한 geometry로 변환하여 사용하였다. 또한 시뮬레이션에 의한 계산선량 값(calculated dose)과 선량계(PTW ion chamber)를 이용한 측정선량 값(measured dose)을 비교함으로써 DICOM 파일을 연동한 Geant4의 선량계산이 유용한지를 검증하고자 하였다. 그 결과 28 kVp, 190 mAs의 조건에서 선량계를 이용한 측정선량 값과 시뮬레이션에 의해 계산된 선량 값의 오차백분율은 0.08 %에서 0.33 %인 것으로 조사되었고, 28 kVp, 70 mAs에서 선량 값의 오차백분율은 0.01 %에서 0.16 %의 결과를 보여 허용오차범위인 2 %이내의 결과를 나타내었다. 따라서 Geant4 시뮬레이션을 통한 흡수선량 계산은 유방촬영에서 유방 조직 내 흡수선량을 측정함에 유용한 것으로 조사되었다.

중심 단어: Geant4, 몬테카를로, X선 에너지, 흡수선량

I. 서 론

우리나라 여성의 유방암 발생률이 서구국가에 비해서는 낮은 편이지만 최근에 빠른 추세로 증가하여 2001년부터 여성암의 제1위를 차지하였다. 이로 인해 유방암의 조기 진단을 위한 정기적인 검진으로 유방검사에 관심도가 날로 증가하고 있으며, 40세 이상 무증상여성에서 조기유방

* 접수일(2012년 10월 31일), 1차 심사일(2012년 11월 13일), 확정일(2012년 12월 13일)

교신저자: 이상호, (336-922) 충남 아산시 송악면 평촌리
아산서남대학교 방사선학과
Tel : 041-539-5568 CP : 010-2010-8350
E-mail : ho8350@hanmail.net

암 발견과 유방암 환자의 생존율을 높이기 위하여 유방X선 검사를 받도록 권고하고 있다. 그러나 유방X선 검사 시 환자가 받는 방사선량이 조기 유방암 발견의 이익보다 방사선 피폭으로 인한 위험을 더 유발 시킬 수 있다는 보고도 있어 환자의 방사선 피폭에 대한 검사기준 및 안전관리 대책이 필요하게 되었으며, 국제방사선방어위원회(ICRP)가 미국, 영국 등 각 국가에서 유방 X선 검사 등에서 환자선량을 측정하여 평가한 유선선량에 대한 환자선량 권고량을 마련하였으며, 그 내용은 압박유방두께 4.2 cm (지방 50%, 유선조직 50%)에서 평균 유선 선량(average glandular dose, AGD)을 3 mGy이하로 규정하였다¹⁾.

입사되는 전자선의 정확한 선량분포를 측정하는 방법은 일반적으로 ACR의 권장대로 유방표면의 입사선량을 측정 한 후 선질을 반가층으로 표시, 압박된 유방의 기준두께를 정하고 유방의 조직구성을 결정한 뒤 평균 유선 선량을 계산식에 기반을 둔 선량계산법으로 측정하고 있다.

최근 전산처리기술의 발전과 더불어 방사선 응용분야의 몬테카를로 방법이 다양한 전산코드들을 통해 방사선의 발생, 물질과의 상호작용과정 및 흡수선량을 통계적인 방법으로 계산하는데 사용되고 있다²⁾. 몬테카를로 시뮬레이션은 원래 방사선 치료분야에서 물리적 과정들을 정확하게 계산할 수 있고 복잡한 기하학적 구조들을 분석하여 흡수선량 분포예측을 정확하게 알려주는 방법 중의 하나로 알려져 왔다^{3~9)}. 몬테카를로 기반의 시뮬레이션 프로그램에는 EGS와 MCNP 그리고 Geant4가 대표적이다. EGS와 MCNP 프로그램은 과거 많은 연구를 통해 정확성이 확보되어 있는 장점이 있지만 난해한 프로그래밍 언어와 인터페이스의 사용 및 활용 측면에서 많은 제약이 따르고 있다¹⁰⁾.

Geant4는 C++ 언어로 개발된 코드로 입자와 물질간의 상호작용에 대하여 미시적 현상의 전산모사가 가능하며 2004년 처음 방사선 치료분야 의료용 선형가속기 소프트웨어 개발을 위하여 적용되어 왔으나 초기엔 실행이나 출력파일 생성에서 유연성이 떨어지는 문제점이 있었다. 2009년 Geant4 9.3버전으로 인터넷 다운로드가 자유로워져 사용하기가 훨씬 수월해졌으며, Windows 운영체제에서 호환이 가능하여 DICOM이나 별도의 소프트웨어를 연계하는 인터페이스 기능이 유연해져 고유의 목적이었던 고에너지 물리, 천체물리, 우주과학, 의학물리, 방사선방호, 등의 물리적 실험 및 연구 활동을 벗어나 가속기, 의료, 환경 방사선모니터링, 방사선차폐 등의 광범위한 영역에서 다양한 용도로 활용되고 있다^{10~12)}.

본 연구에서는 저 에너지를 이용한 유방영상촬영에서

유방 내부에 흡수되는 선량을 알아보기 위해 DICOM 파일을 연동한 Geant4로 시뮬레이션을 실행하였고, 시뮬레이션에 의한 선량과 검출기를 이용한 선량 값을 비교 평가함으로써 Geant4의 유용성을 검증하고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. CT image (raw DICOM data)

인체 내 흡수선량 분포 평가를 위한 Geant4 시뮬레이션 프로그램에서 환자의 geometry를 위해 CT DICOM data를 사용하였으며, 아크릴 모의팬텀을 스캔하기 위한 CT장비로 SIEMENS사에서 제작한 SOMATOM Dual Source 256 Channel CT를 사용하였다. CT스캔과 유방촬영 장치의 깊이에 따른 흡수선량 측정에 사용된 아크릴 인체 등가물질 팬텀은 각각 1, 2 cm두께의 20×15 cm크기의 직사각형 형태를 지닌 팬텀을 사용하였다. 아크릴 팬텀은 5 mm간격으로 스캔하여 18개의 CT DICOM data를 얻었고 이는 “.dcm” 이란 확장명을 갖는다(Fig.1).

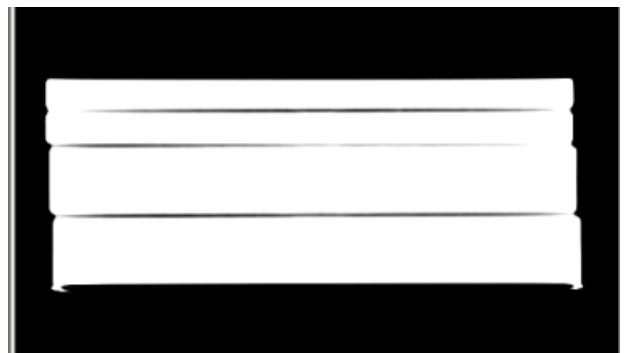


Fig. 1. CT dicom data.

DICOM은 CT나 MRI, Ultrasound와 같은 의료영상획득 장치로부터 데이터를 획득하고 처리하며 저장하기 위한 데이터 표준방식으로 환자의 개인정보 뿐만 아니라 환자의 image정보를 포함하고 있기 때문에 Geant4에서는 이를 이용하여 시뮬레이션에 필요한 geometry data를 얻는다.

CT DICOM 파일은 물질의 밀도에 따라 픽셀의 밝기를 나타내는 Hounsfield number값으로 영상을 표현하도록 되어 있다. 시뮬레이션을 위한 팬텀영상의 geometry는 Geant4에서 사용 가능한 geometry model로 변환해야

하는데, Geant4의 geometry data와 DICOM 파일의 geometry data가 반드시 일치하지 않기 때문에 선형 보간법을 이용한다. 이는 DICOM 복셀의 8개의 네이버 그리드(neighbor grid) 포인터의 Hounsfield 값을 Geant4 geometry data의 Hounsfield값으로 보간하는 방법이다¹³⁾. Geant4에서 제공하는 Dicomhandler라는 conversion 파일은 DICOM 파일의 픽셀 값을 물질의 밀도로 변환시킨 후 다시 material type으로 변환하는 역할을 한다, 물질의 밀도가 material type으로 변환하기 위한 물질과 물질의 밀도 정의는 ICRU report 46을¹⁴⁾ 근거로 Data.dat 파일에 정의하여 사용하였다.

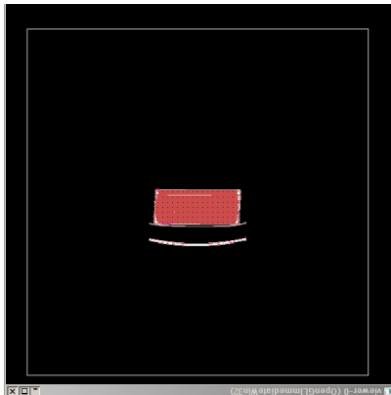


Fig. 2. Geant4 geometry data.

2. Geant4

Geant4는 매질 내부를 지나는 입자들에 대한 시뮬레이션 도구로써 여러 가지 물리적 조건을 사용자가 설정함으로써 물리적, 시간적, 기기학적 인자들을 고려한, 정확한 시뮬레이션을 할 수 있다.

Geant4에서는 전자기 상호작용에 대하여 250 eV의 저에너지 영역까지 전산모사가 가능한 리버모어(Livermore), 페넬로페(Penelope)와 함께, 1 keV 이상의 에너지에 대한 전산모사가 가능한 표준모델까지 세 가지 형태의 물리 모델을 제시하고 있는데¹⁵⁾, 이 세 가지 물리 모델 중 리버모어(Livermore)와 페넬로페(Penelope)는 250 eV까지의 저에너지를 가진 입자의 광전효과(Photoelectric effect), 콤프톤 산란(Compton scattering), 제동복사(Bremsstrahlung), 이온화, 그리고 감마 변환에 관한 물리적 현상을 다루도록 코드화 되어 있으며²⁾, 에너지를 낮춤으로써 시뮬레이션의 정밀도를 높인 모델로 알려져 있다. 그러나 Poon등에 의하면 방사선 관련 시뮬레이션에서는 표

준모델과 저에너지 모델이 비슷한 결과를 보인다고 보고하고 있다¹⁶⁾.

본 연구에서는 Geant4에서 제공하는 다양한 물리적 모델 중에서 표준전자기물리 모델을 사용하였다. 시뮬레이션 코드는 Geant4.9.5 version이 사용되었고, 물리적 계산은 CLHEP 2.1.1.0을 이용하였다.

1) 에너지 스펙트럼

1997년에 발표되어 현재까지 사용되어 온 IPEM Report No.78버전은 개인용 컴퓨터를 이용하여 적용할 수 있도록 발전되어 진단용 엑스선 및 유방촬영 영역 X선의 스펙트럼을 매우 다양하게 제공하는 스펙트럼 프로세서로 유방촬영장치의 기술정보를 이용하여 적용하였다. IPEM Report No.78은 방출한 X선의 스펙트럼을 보여주는 코드로써 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo), 로듐(Rh)의 스펙트럼을 표적물질로써 저장 및 재입력이 가능하도록 되어 있다.^{17~18)} 유방 촬영에 사용된 광자 스펙트럼 계산을 위해 몰리브덴 표적에서 관전압을 25 kVp에서 32 kVp, 표적의 각도는 9°에서 23°까지 조정할 수 있게 구성되었다. 필터 물질로는 공기(air), 알루미늄(aluminium), 뼈(bone), 마그네슘(magnesium) 등의 물질에 따른 X선 장치의 특성에 맞출 수 있도록 구성하여 저장되어 있다. 본 연구를 위해 유방촬영장치에서 사용한 X선 발생조건은 (Table. 1)과 같으며, IPEM report No.78의 스펙트럼 프로세서를 적용하여 생성한 에너지 스펙트럼의 결과는 Fig. 3에 보여주고 있다.

Table 1. Conditions for the generation of x-ray.

구 분	표준팬텀의 촬영조건	Dense breast의 촬영조건
SID(cm)	59	59
Kvp	28	28
mAs	70	190

시뮬레이션을 위한 방사선 조사야는 5×5 cm²로 설정하고, 아크릴 팬텀은 선원에서 59 cm떨어진 거리에 위치하도록 설정하였으며, 입사되는 광자 히스토리는 2.5×10⁸개로 시뮬레이션을 실행하였다. Geant4.9.5가 제공하고 있는 DICOM example code에서는 입사된 광자에 의한 인체의 흡수선량을 복셀의 copy number별로 출력하고 있지만, 본 연구는 복셀의 x, y좌표를 표시하고 이에 따라 흡수선량이 표현되도록 코드를 일부 수정하였다.

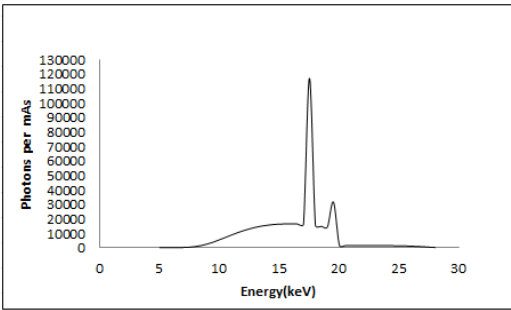
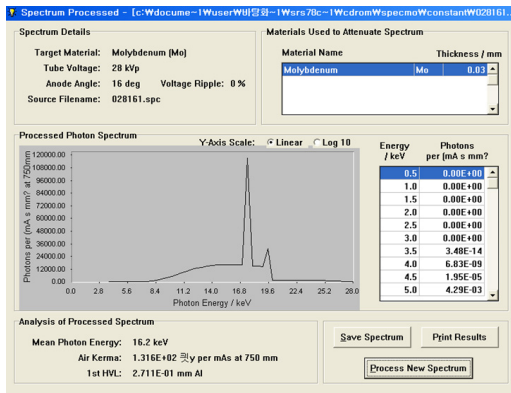


Fig. 3. 28 keV Energy spectrum for mammography.

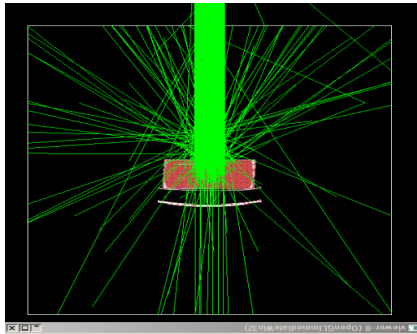


Fig. 4. Radiation beam simulation using Geant4 code.

Fig. 4.는 실제 시뮬레이션을 시각화한 그림이다.

2) 선량 보정

몬테카를로 코드는 collimation이 변화할 때 플루언스의 변화는 계산하지 않고, 선량계산이 이루어지기 때문에 모든 시뮬레이션 결과에서 조사선량이나 흡수선량을 얻기 위해 교정을 해주어야 한다. 본 연구에서는 Jarry 외 (2002)가 보고한 교정인자(Normalization factor, NF)를 사용하였다. 교정인자를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$(NF)_{E,NT} = \frac{(D_{air, measured per mAs})_{E,NT}}{(D_{air, simulated per particle})_{E,NT}} \dots (1)$$

여기서 $D_{air, simulated}$ 는 선속 에너지가 E이고 collimation 이 NT인 선속에서 시뮬레이션에 의한 공기 커마이다. 또 $D_{air, simulated}$ 는 동일 조건의 선속에서 측정된 공기 커마이다. 선량 교정 인자(NF)는 mAs당 주어지는 값이기 때문에 팬텀 내 흡수선량을 얻기 위해 시뮬레이션에 의한 계산 값과 총 mAs, 그리고 교정인자를 곱해 주어야 한다. 이는 다음과 같은 식으로 구해질 수 있다.

$$(D_{absolute})_{E,NT} = (D_{simulated})_{E,NT} \times (NF)_{E,NT} \times total\ mAs \dots (2)$$

Table. 2는 촬영 조건에 따른 교정인자(NF)와 측정 선량(measured dose), 시뮬레이션에 의한 계산 선량(calculated dose)을 나타낸 것이다.

Table 2. Normalization factors for converting the monte carlo simulation results from mGy per source particle to mGy/100 mAs for the CT scanner

kVp	mAs	Collimation	Depth (cm)	Measured Dose (mGy/70mAs)	Calculated Dose (mGy)	Normalization factor (10^{12} particle/70mAs)
28	70	5x5	2	6.85.E-05	6.53E-16	1.049
			4	5.95.E-05	1.23E-16	4.830
			6	2.95.E-05	3.47E-17	8,500
kVp	mAs	Collimation	Depth (cm)	Measured Dose (mGy/190mAs)	Calculated Dose (mGy)	Normalization factor (10^{12} particle/190mAs)
28	190	5x5	2	8.91.E-04	6.53E-16	1,360
			4	4.89.E-04	1.23E-16	3,970
			6	1.18.E-04	9.73E-17	3,400

3. Ion chamber을 이용한 선량 측정

1) 촬영장치 및 팬텀

흡수선량 측정을 위한 유방촬영장치는 HOLOGIC 사의 LORAD selenia(USA)를 사용하였으며, 팬텀은 가로× 세로× 높이가 20 cm×15 cm×2 cm(or 1 cm)의 크기를 가진 직사각형의 형태로 재질은 아크릴로 이루어져 있다.

2) Ion chamber

검출기는 선형성과 재현성이 우수하여 표준선량측정용으로 사용하는 이온 전리함을 이용하여 측정하였으며 본 연구에 사용된 Ion chamber는 PTW사의 SFD chamber Types 34069(25~35 kV)이다.

3) 유방 조직 내 흡수선량 측정방법

- 가. 촬영조건은 수동방식으로 두 가지 조건을 설정하였다. 본 실험에 사용된 유방촬영장치를 사용하는 S병원에서 dense breast의 촬영조건을 평균한 (28 kVp, 190 mAs)촬영조건과 동일한 농도를 얻기 위한 표준 팬텀의 촬영조건(28 kVp, 70 mAs)이다.
- 나. 유방조직의 깊이에 따른 흡수선량을 측정하기 위하여 6 cm팬텀의 2 cm, 4 cm, 6 cm 각각의 깊이에 ion chamber을 위치시키고 방사선을 노출하였다.
- 다. Target/filter
유방촬영장치에 사용된 X선관의 Target은 Mo을 사용하였고, Filter은 0.03 mmMo을 사용하였다.

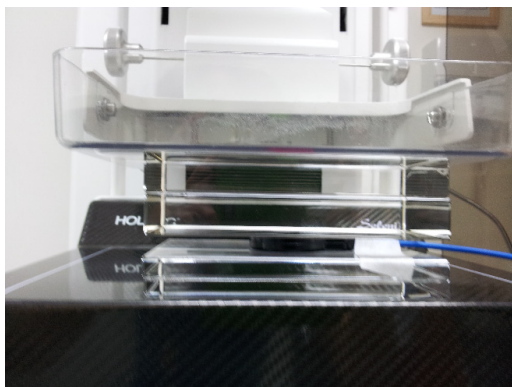


Fig. 5. Measurement of the absorbed dose in the breast phantom through dosimeter.

III. 결과 및 고찰

최근 유방암 발병률이 높아지면서 정기적인 유방검사와 함께 유방촬영술의 빈도가 급격히 증가하고 있다. 반면 유방촬영술에 쓰이는 저에너지 X선에 대한 흡수선량 측정은 여러 가지 요인으로 인하여 측정하기 어렵고 유방조직의 깊이에 따른 흡수선량은 직접 측정이 불가능하다. 그러나 인체 내 선량 계산 방법 중 가장 정확한 것으로 알려져 있는 몬테카를로 방식 중 모든 입자의 전산모사가 가능하고 저에너지 물리 모델을 제공하고 있는 GEANT4는 DICOM 파일을 이용하여 인체의 해부학적 구조를 재현함으로써 유방촬영으로 인한 유방의 흡수선량을 측정하는 새로운 방법으로 사용될 수 있을 것이라 생각한다.

따라서 본 연구에서는 유방촬영으로 인한 유방조직의 흡수선량을 평가하기 위해 선량계를 이용한 인체등가물질 팬텀의 깊이에 따른 흡수선량 실측값과 시뮬레이션에 의한 계산 값을 비교하였다.

조직등가팬텀은 5 mm로 scan한 18개의 DICOM 파일을 Geant4의 Geometry로 변환하여, 조사야 5×5cm²에 28 KeV의 광자선이 2.5×10⁸개가 조사되도록 시뮬레이션 하였다.

DICOM 파일의 Pixel Spacing은 0.33×0.33 mm²로 pixel data의 row 4개와 column 4개가 하나의 복셀을 형성하였고 이 복셀의 크기는 1.33×1.33×5 mm³ 이었다. 계산된 선량은 각 슬라이스에서 복셀의 x, y좌표를 정하여 복셀 하나하나에서 결과값이 출력되도록 하였다.

Fig. 6(a)는 28 kVp에 190 mAs조건으로 2 cm, 4 cm, 6cm에서 흡수선량 측정값과 시뮬레이션 의한 계산된 선량을 비교하여 나타낸 그래프 이고, Fig. 6(b)는 28 kVp에 70 mAs의 조건에서 깊이에 따른 선량측정 값과 시뮬레이션에 의한 계산 선량 값을 비교한 그래프이다.

Fig.7은 유방팬텀의 깊이에 따른 측정선량 값과 시뮬레이션을 통해 계산된 선량값의 오차 백분율을 구하여 표시하였다. 오차백분율(Difference, %)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Diff(\%) = \left(\frac{simulated\ dose - measured\ dose}{measured\ dose} \right) \times 100 \dots\dots (3)$$

Fig.7(a)는 28 kVp, 190 mAs의 조건에서 측정된 선량 값과 시뮬레이션을 통해 계산된 선량값의 오차 백분율로 0.08 %에서 0.33 %의 차이를 보이고 있고, Fig.7(b)는 28

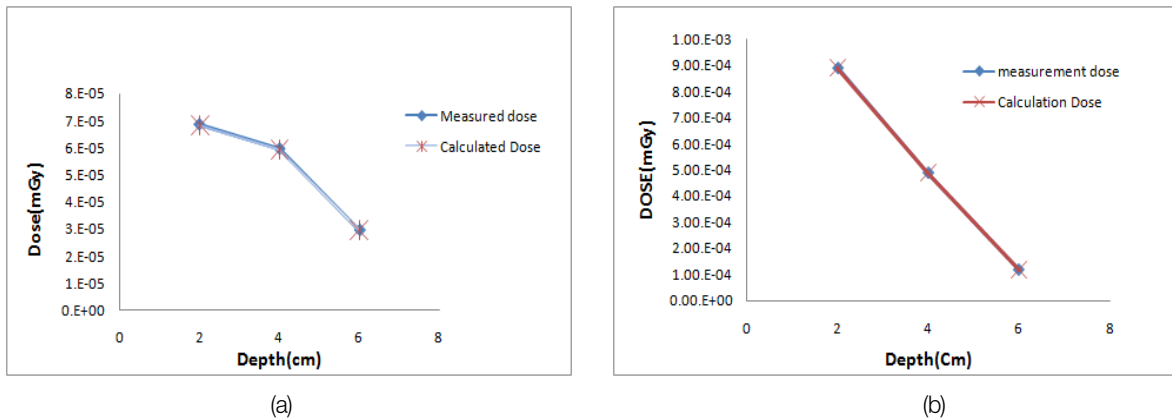


Fig. 6. Measured dose and calculated dose by the depth of breast phantom (a) (28 kVp, 190 mAs), Measured dose and calculated dose by the depth of breast phantom (b) (28 kVp, 70 mAs).

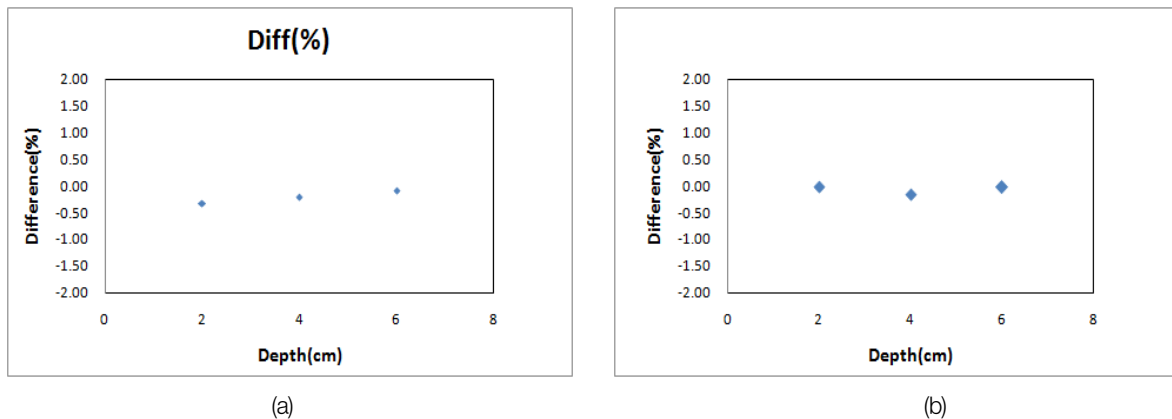


Fig. 7. Difference(%) between the measured dose and the calculated dose (a) (28 kVp, 190 mAs), Difference(%) between the measured dose and the calculated dose (b) (28 kVp, 70 mAs).

kVp에 70 mAs의 조건에서 측정된 선량과 계산 선량의 오차 백분율로 0.01 %에서 0.16 %의 결과를 보여 Geant4 시뮬레이션을 통한 흡수선량 계산이 저에너지 유방촬영에서 유방 조직 내 흡수선량을 측정함에 유용한 것으로 조사되었다.

본 연구에서의 흡수선량 분포는 비교적 정확하지만 확고한 신뢰성을 지닐 수는 없을 것이다. 그 동안의 선행연구자들의 선량보정방법을 이용하여 정확성을 높이고 있지만 아직까지 미비한 편이다. 보다 다양한 방향에서의 선량 데이터를 확보하기 위하여 추가적이고 지속적인 시뮬레이션의 연구가 진행되어야 할 것이다. 특히 본 연구와 같이 수억에서 수십억번의 연산을 수행해야 하는 전산적 모사로 인하여 수십 시간에서 많게는 수백시간의 연산 지연에 따라 불편을 최소화하기 위하여 소프트웨어와 하드웨어적 접근의 연구가 필요하다.

본 연구에서 Geant4 시뮬레이션을 이용한 선량계산 결

과가 저에너지 엑스선을 사용하는 진단검사 영역에서 환자가 받는 조직 내 깊이에 따른 선량분포를 계산하고 평가하는데 기초자료로 활용되어질 것이라 생각한다.

V. 결론

유방촬영술의 사용빈도가 꾸준히 증가함에 따라 유방촬영으로 인한 방사선 피폭선량을 간과할 수 없다. 지금까지 인체 내 흡수선량 측정은 인체 모형 팬텀을 이용한 통계적 계산을 통해 이루어지고 있지만, 본 논문에서는 실제 인체의 내부 구조를 묘사 할 수 있는 CT의 DICOM 파일을 이용한 Geant4 시뮬레이션을 통해 유방 조직 내 흡수선량을 계산하고, 이를 선량계를 이용한 측정선량 값과 비교함으로써 그 유용성을 확인하고자 하였다.

시뮬레이션으로 계산된 선량과 선량계를 이용한 측정 선량은 28 kVp, 190 mAs조건에서 오차 백분율이 0.08%~0.33%임을 확인할 수 있었고, 28 kVp, 70 mAs에서는 선량의 오차가 0.01%~0.16%의 결과를 보였다. 따라서 Geant4 시뮬레이션을 통한 흡수선량 계산은 유방촬영에서 유방 조직 내 흡수선량을 측정함에 유용한 것으로 조사되었다.

본 연구에서의 이와 같은 결과는 저에너지 영역의 방사선을 이용한 검사 시 인체 내 피폭선량 평가와 방호체계를 위한 신뢰성 있는 기초자료가 되리라 사료된다.

참고문헌

1. 보건복지 가족부, 유방엑스선 검사에서의 환자선량 권고량. 방사선안전관리 시리즈, 2008.
2. 박소현, 정원균, 서태석: GEANT4 저 에너지 전자기 물리 모델에 대한 비교연구. 방사선 방어학회, 35, 3, 2010
3. 조영걸, 김형동, 김병용, 김성진, 오세안, 강정구, 김성규: GEANT4를 이용한 선형가속기 기초코드 작성과 전자선에너지 분포계산. 의학물리, 22-2, 2011
4. Chetty IJ, Curran B, Cygler JE et al: AAPM Report TG-105: Issues associated with clinical implementation of Monte Carlo-based photon and electron external beam treatment planning. Report of the AAPM Task Group No. 105 Med Phys 26, 1847-1870, 1999
5. Almond PR, Biggs PJ, Coursey BM, et al: AAPM Report TG-51: Protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams. Report of AAPM Task Group No. 51. Med Phys 26, 1847-1870, 1999
6. Faddegon B, Egley B, Steinberg T : Comparison of beam characteristics of a gold x-ray target and a tungsten replacement target. Med Phys 31, 91-97, 2004
7. Faddegon BA, O'Brien PF, Mason DLD: The flattened area of Siemens linear accelerator x-ray fields. Med Phys, 26, 220-228, 1999
8. Faddegon BA, Perl J, Asai M : Monte Carlo simulation of large electron fields. Phys Med Biol, 53, 1497-1510, 2008
9. Hogstrom KR, Boyd RA, Antolak JA, et al : Dosimetry of a prototype retractable eMLC for fixed-beam electron therapy. Med Phys 35, 5777-5786, 2004
10. Sang Koo Kang, Sung Hwan Ahn, Chong Yeal Kim, A Study on Photon Dose Calculation in 6 MV Linear Accelerator Based on Monte Carlo Method. Korean society of Radiological science, 34-1, 2011
11. Agostinelli S, Allison J, Amako K, Apostolakis, Araujo H, Arce P, Geant4-a simulation toolkit. Nucl. Instrum. Meth. February; 506, 205-303, 2003
12. Guatelli S, Mascialino B, Pia MG, Piergentili M, Precision validation of Geant4 electromagnetic physics American Nuclear Society Topical Meeting in Monte Carlo April: 17-21, 2005
13. Kim Ami, Kim Seungwan, Song Juwhan, Gwon Oubong, Kim Chongyeal, Hong Seungwoo, Radiation dose plan system based on particle simulation and volume rendering. korean computer graphics society, 12-3, 2006
14. ICRU Report 46: Photon, Electron, Proton and Neutron Interaction Data for Body Tissues. International Commission on Radiological Units and Measurements, Washington, DC, 1992
15. GEANT4 collaboration, Physics Reference Manual for GEANT4 CERN, 2008
16. Poon E, Verhaegen F: Accuracy of the photon and electron physics in GEANT4 for radiotherapy applications. Med Phys, 32, 1696-1711, 2005
17. Cranley K, Gilmore BJ, Fogarty GWA, Desponds L: IPEM Report 78, Catalogue of Diagnostic X-ray Spectra and Other Data (CD-Rom Edition 1997) (Electronic Version prepared by D Sutton). The Institute of Physics and Engineering in Medicine, 1997
18. Cranley K, Gilmore BJ, Fogarty GWA: Catalogue of Diagnostic X-ray Spectra and Other data, Diagnostic Radiology and Magnetic Resonance Special Interest Group of the Institute of Physics and Engineering in Medicine, 4~43, 1997

A Study on Absorbed Dose in the Breast Tissue using Geant4 Simulation for Mammography

Sang-Ho Lee · Jong-seok Lee¹⁾ · Sang-hyun Han

Dept. of Radiological Science, Seonam University

¹⁾*Dept. of Radiological Wonkwang Health Science University*

As the breast cancer rate is increasing fast in Korean women, people pay more attention to mammography and number of mammography have been increasing dramatically over the last few years. Mammography is the only means to diagnose breast cancer early, but harms caused by radiation exposure shouldn't be overlooked. Therefore, it is important to calculate the radiation dose being absorbed into the breast tissue during the process of mammography for a protective measure against radiation exposure. Because it is impossible to directly measure the radiation dose being absorbed into the human body, statistical calculation methods are commonly used, and most of them are supposed to simulate the interaction between radiation and matter by describing the human body internal structure with anthropomorphic phantoms. However, a simulation using Geant4 Code of Monte Carlo Method, which is well-known as most accurate in calculating the absorbed dose inside the human body, helps calculate exact dose by recreating the anatomical human body structure as it is through the DICOM file of CT. To calculate the absorbed dose in the breast tissue, therefore, this study carried out a simulation using Geant4 Code, and by using the DICOM converted file provided by Geant4, this study changed the human body structure expressed on the CT image data into geometry needed for this simulation. Besides, this study attempted to verify if the dose calculation of Geant4 interlocking with the DICOM file is useful, by comparing the calculated dose provided by this simulation and the measured dose provided by the PTW ion chamber. As a result, under the condition of 28kVp/190mAs, the Difference(%) between the measured dose and the calculated dose was found to be 0.08% ~0.33%, and at 28 kVp/70 mAs, the Difference(%) of dose was 0.01%~0.16%, both of which showed results within 2%, the effective difference range. Therefore, this study found out that calculation of the absorbed dose using Geant4 Simulation is useful in measuring the absorbed dose in the breast tissue for mammography.

Key Words : Geant4, Monte Carlo, Low energy X-ray, Absorbed dose