pISSN : 1976-0620, eISSN : 2384-0633
http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2016.10.4.271 "J. korean soc. radiol., Vol. 10, No. 4, June 2016"

Radiation Dose Calculation using MIRD TYPE PHANTOM in the Surrounding Organs during Brachytherapy of Breast Cancer

Eun-tae Park,[1] Jung-hoon Kim,[2] In-chul Im[3,*]

[1]Department of Radiation Oncology, Busan Paik Hospital, Inje University, Korea
[2]Department of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Korea
[3]Department of Radiological Science, Dongeui University, Korea

Received: May 26, 2016. Revised: June 17, 2016. Accepted: June 30, 2016

ABSTRACT

This study was fulfilled to evaluate the absorbed dose of breast and adjacent organs using MIRD type phantom in brachytherapy of breast cancer. The absorbed dose was analyzed assuming left or right breast is source organ which is ^{103}Pd or ^{192}Ir. As a result, ^{192}Ir dose is higher than ^{103}Pd in source organ and also in contralateral breast. Particularly, significant adjacent organs are lung, liver, heart and contralateral breast in brachytherapy of breast cancer.

Key word: Breast cancer, Brachytherapy, MIRD type phantom, Absorbed dose.

Ⅰ. INTRODUCTION

2014년 세계 암 보고서에 따르면 암은 고소득 국가일수록 발생률이 높으며 한국은 북미, 서유럽과 함께 고소득 국가로 분류되어 암 발생률이 높은 국가에 속한다. 특히 유방암은 전 세계적으로 발생률이 빠르게 증가하는 질환으로, 2008년과 비교해 2012년에는 발생률이 20% 증가하였다.[1,2]

유방암은 우리나라에서 여성에게 발생하는 전체 암 중 갑상선암에 이어 두 번째로 흔한 암으로, 보건복지부의 국가 암등록 보고서에 따르면 2013년 유방암은 전체 여성암의 15.4%를 차지하며 40~50대에서 발생률이 가장 높은 것으로 나타났다.[3] 또한 한국 여성의 폐경 전 여성 유방암의 발생비율이 폐경 후 여성 유방암보다 낮기는 하나 폐경 전 유방암의 비율만을 비교할 때는 서구에 비해 월등히 높은 발생률을 보인다. 폐경 전 여성 유방 암환자의 비율이 몹시 낮은 서구에 비해 한국에서는 40대 젊은 환자의 발생률이 높고, 40세 이하 환자도 약 15%를 차지하는데 이는 서구에 비해 약 3배 정도 높은 수치로서, 유방암에 대한 국가적인 관심이 증가하고 있다.[3]

일반적으로 유방암 치료는 발생연령, 병기, 암의 병리학적 특성, 환자의 심리상태 등을 고려하여 수술, 방사선치료, 항암화학요법, 내분비치료, 표적치료 등 적절한 치료법을 적용한다.[4] 이 가운데 방사선치료를 살펴보면, 선형가속기에서 발생한 고에너지의 방사선을 이용하여 암세포를 사멸시키는 외부방사선치료(External beam radiotherapy)와 종양에 여러 종류의 관을 통하여 방사성동위원소를 직접 삽입하여 치료하는 방법인 관내 근접방사선치료(Brachytherapy)를 각각 시행하거나 병행하여 치료한다.[5]

외부방사선치료는 조사영역에 있는 정상장기의 방사선 선량한도 때문에 종양에 충분한 선량이 도달되지 못하는 단점이 있다. 이에 반해 근접치료법은 1980년대 중반부터 미국과 유럽에서는 침습성이 낮은 방사성 동위원소를 이용하여 악성종양 또는 비악성 병변의 치료를 위해 널리 사용되고 있다. 또한 ^{103}Pd, ^{192}Ir 등의 밀봉선원을 표적장기로부터 짧은 거리에 needle, tube, seed, wire 등을 이용하여 선원을 위치시켜 종양주위의 정상조직에는 선량을 급격히 감소시키는 동시에 종양에

*Corresponding Author: Inchul Im E-mail: icim@deu.ac.kr Tel: +82-51-890-2678
Address: Dongeui University, 176 Eomgwang-no, Busanjin-gu, Busan, korea, 47340, Republic of Korea

는 고선량을 국부적으로 집중 조사할 수 있는 방사선 치료 방법이다.[6]

현재 근접방사선치료에 있어 가장 많이 시행되고 있는 장기는 자궁경부, 유방, 비인두강, 식도, 폐, 전립선 등이다. 유방암의 경우에는 전절제(Mastectomy) 또는 종양 부분절제(Lumpectomy) 이후, 신체 비대칭으로 인한 합병증을 예방하고 환자의 심리적 안정과 치유의 목적으로 유방 재건술을 시행함으로써 2차적인 수술이 불가피하게 된다. 이와 달리 근접방사선 치료를 시행하면 재건술을 해야 하는 부담을 해소할 수 있으며, 환자의 질적인 삶의 증진과 함께 유방의 보존을 필요로 하는 저병기의 환자들에게 선호되고 있다. 그러나 근접방사선치료 역시 외부방사선치료와 마찬가지로 치료부위 주변에 있는 정상조직에는 방사선이 도달하게 되어 합병증을 유발할 수 있으며, 동위원소 삽입 후 주변인에 대한 방사선피폭을 유발할 수 있다. 따라서 방사선치료 시 병변부위 이외에도 환자의 정상조직 및 인접 장기에 대한 정확한 피폭선량 평가가 이루어져야 한다. 하지만 인체의 해부학적인 복잡성과 인체 조직의 불균일성 때문에 등가선량 및 유효선량의 실제 측정은 거의 불가능 하다.

이에 본 연구는 ^{103}Pd, ^{192}Ir를 사용하여 유방암의 근접방사선치료 시 좌측 유방과 우측 유방을 선원으로 하여 주요 장기 및 인접 장기의 선량을 수학적 모의피폭체를 통하여 예측함으로써 근접방사선치료의 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. MATERIAL AND METHODS

1. 근접치료용 방사성핵종의 물리적 특성

근접치료용 방사성핵종은 크게 영구 삽입형과 일시적 삽입형으로 분류할 수 있으며, Table 1과 2는 본 실험에 사용된 ^{103}Pd, ^{192}Ir 선원의 물리적인 특성과 붕괴 특성이다.[7]

^{103}Pd은 물리적 반감기가 17일 정도이며 영구 삽입형 선원으로 근접치료에 사용되었으며 seed 형태로 임상에 적용된다. ^{125}I보다 짧은 반감기를 갖는 ^{103}Pd은 훨씬 더 빠른 속도로 선량이 전달되기 때문에 영구 삽입형 치료에 있어서 생물학적 장점이 있다. 또한 ^{103}Pd은 20~30 keV 범위의 특성 X선의 방출과 오제전자로 인한 전자포획에 의해서 붕괴된다. ^{192}Ir의 경우 물리적 반감기가 74.2일로 일시 삽입형의 대표적인 선원으로 사용되어 왔으며 주로 wire나 seed 형태로 임상에 적용된다. 평균 에너지가 0.38 MeV로 낮기 때문에 방사선 차폐에 있어서도 유리하다.[5,6]

Table 1. Radioisotopes used for breast brachytherapy in this study.

Radioisotope	Energy (keV)	Half-life (days)	*HVL in mm of lead	Initial Dose Rate (cGy/hr)	Dose to Infinity(Gy)	Implants method
Palladium 103	21	17	1/100	20	120	Permanent
Iridium 192	340	74.2	3	high, variable	Variable (30-40)	Temporary

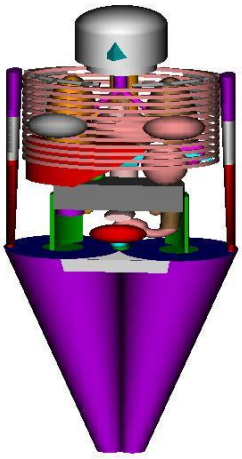
Abbreviations *HVL: Half value layer

Table 2. Decay characteristics of radionuclides used in brachytherapy.

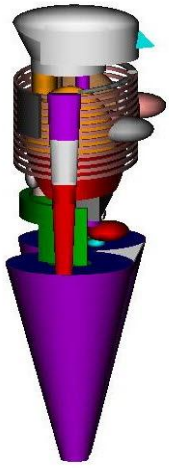
Iridium 192						Palladium 103		
Freq.(%)	E(MeV)	Yield	Freq.(%)	E (MeV)	Yield	Freq.(%)	E (MeV)	Yield
29	0.2960	0.2900	4.58	0.0668	0.0458	37.5	20.22	0.375
29.7	0.3084	0.2970	2.67	0.0651	0.0267	19.8	20.07	0.198
82.8	0.3165	0.8280	0.466	0.2013	0.0047	6.6	22.72	0.066
0.662	0.4165	0.0066	3.29	0.2058	0.0329	1.74	23.17	0.0174
4.52	0.5886	0.0452	0.729	0.3745	0.0073	3.48	22.7	0.0348
8.18	0.6044	0.0818	3.16	0.4846	0.0316	2.23	2.7	0.0223
5.33	0.6125	0.0533	0.397	0.4891	0.0040			
0.302	0.8845	0.0030	2.18	0.0630	0.0218			

2. 몬테칼로 계산

본 연구에서 사용한 수학적 모의피폭체는 MIRD형으로 UF-Revised Phantom을 사용하였다. 본 모의피폭체는 현재 인체와 가장 유사하게 표현한 것으로 인체 장기의 구성을 세분화하여 22가지의 물성으로 표현하였으며, 성별을 구별하였다는 것과 연령을 신생아부터 성인까지 나누어 표현한 장점을 가지고 있다.[8-12] 이에 본 연구의 특성상 성인용 모의피폭체를 대상으로 실험을 진행하였다. 아래 Fig. 1은 본 연구에서 사용 한 모의피폭체의 외관이다.



(a) Front view



(b). Side view

Fig. 1. UF- Revised ORNL phantom of adult.

방사선의 수송과 에너지 부여량 계산에는 몬테칼로 입자수송 코드인 MCNPX(Ver.2.5.0)를 사용하였다.[13] 좌측 유방과 우측 유방을 선원영역으로 하고 방사성핵종의 에너지는 대표적인 영구삽입 핵종인 ^{103}Pd과 일시삽입 핵종인 ^{192}Ir를 이용하여 각 장기에 씨앗형태를 취하는 점 선원이 균일하게 분포하고 있는 것으로 가정하였다. 이 때, 선원영역을 중심으로 인접 장기를 선택하여 선량을 측정 및 분석하였다. 마지막으로 선원장기와 인접 장기에 대한 비유효에너지(SEE, Specific Effective Energy) 산정을 위해 F8 tally를 사용하였으며, 실험에 대한 상대오차를 3% 이내로 하기 위하여 10^7개의 히스토리를 사용하였다.

3. 흡수선량 계산방법

흡수선량은 누적방사능과 비유효에너지(SEE, Specific Effective Energy)의 값을 이용하여 아래 식(1)과 같이 표현되며,[14-16]

$$\text{흡수선량} = k\Sigma_i U_s SEE(T \leftarrow S)_i \qquad (1)$$

이때 상수 k는 $k = 1.602 \times 10^{-10} \frac{Gy}{MeV/g}$ 로 표현되며, 누적방사능은 Us로 표현 하였다.

피폭조직의 비유효에너지는 다음 식 (2)와 같이 정의된다.

$$SEE = \sum_i \frac{E_i Y_i AF(T \leftarrow S)_i W_i}{M_t} \qquad (2)$$

Ei : 입자 i의 평균에너지
Yi : 붕괴당 입자 i의 방출율
AF(T ← S)i: 흡수분획(Absorbed Fraction)
=선원조직 Si에서 방출된 입자 i의 에너지 중 피폭조직 Ti의 단위질량당 흡수되는 비율
Wi : 방사선입자 i의 선질인자(방사선가중인자)
Mt : 표적장기의 질량

Ⅲ. RESULT

선원장기를 좌측과 우측 유방으로 각각 지정하고 인접장기를 표적장기로 설정하여, 각 동위원소를 대상으로 물리적 반감기와 붕괴특성을 고려하여 흡수선량을 평가하였다. 이 때 흡수선량 산정은 ^{103}Pd과 ^{192}Ir 각각에 대해 1 Ci를 초기방사능으로 설정한 값(Gy/Ci)과 선원장기의 처방선량을 50 Gy[17]로 가정하였을 때 인접장기에 대한 흡수선량(Gy/Gy_{50})으로 나타내었다.

1. 오른쪽 유방

1.1. ^{103}Pd

^{103}Pd의 초기방사능 1 Ci당 선원장기인 오른쪽 유방과 인접장기가 받은 선량(Gy/Ci)을 Table 3에 제시하였으며 처방선량 50 Gy에 대하여 인접장기가 받은 선량(Gy/Gy_{50})을 Fig. 2로 나타내었다. 이를 세부적으로 살펴보면, 선원장기가 받은 양은 1.13E-02 Gy/Ci였으며, 이 때 반대측 유방의 선량은 7.13E-06 Gy/Ci로 나타났다. 인접장기들의 선량은 평균 약 2.52E-04 Gy/Ci로 측정되었다. 또한 이를 처방선량을 기준으로 평가를 하였을 때, 선원장기를 기준으로 반대측 유방은 0.049%, 인접장기들은 약 0.000006%(Thyroid) ~ 1.47% (Rt. Lung)로 나타났다.

Table 3. Estimation of absorbed dose of the surrounding organs with right breast as the source organ.

Organ	Absorbed dose (Unit: Gy/Ci)
Rt. lung	2.36E-04
Lt. lung	3.16E-08
Lt. breast	7.13E-06
Heart	3.98E-06
Liver	4.64E-06
Esophagus	1.75E-08
Trachea	8.44E-09
Thyroid	-
Rt. breast(source organ)	1.13E-02

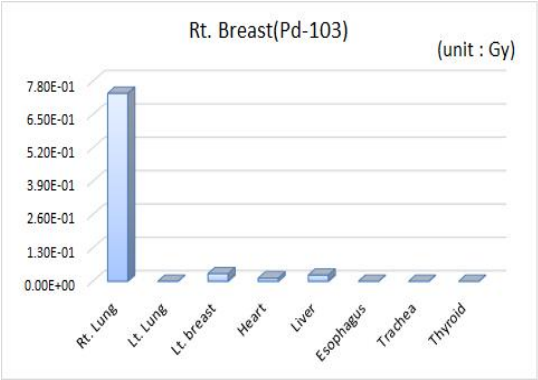


Fig. 2. The results of the dose relative to the surrounding organs for prescribed dose of ^{103}Pd.

1.2. ^{192}Ir

^{192}Ir의 초기방사능 1 Ci당 선원장기인 오른쪽 유방과 인접장기가 받은 선량(Gy/Ci)을 Table 4에 제시하였으며, Fig. 3은 처방선량 50 Gy에 대해 인접장기가 받은 상대선량(Gy/Gy_{50})이다.

선원장기가 받은 양은 2.93E-02 Gy/Ci였으며, 이 때 반대측 유방의 선량은 3.13E-04 Gy/Ci로 나타났다. 인접장기들의 선량은 평균 약 1.16E-02 Gy/Ci로 측정되었다. 또한 이를 처방선량을 기준으로 평가를 하였을 때, 선원장기를 기준으로 반대측 유방은 1.014%, 인접장기들은 약 0.15%(Thyroid) ~22.2(Rt. Lung)%로 나타났다.

Table 4. Estimation of absorbed dose of the surrounding organs with right breast as the source organ.

Organ	Absorbed dose (Unit: Gy/Ci)
Rt. lung	5.79E-03
Lt. lung	5.42E-04
Lt. breast	3.13E-04
Heart	1.31E-03
Liver	3.51E-03
Esophagus	8.31E-05
Trachea	2.12E-05
Thyroid	1.37E-05
Rt. breast(source organ)	2.93E-02

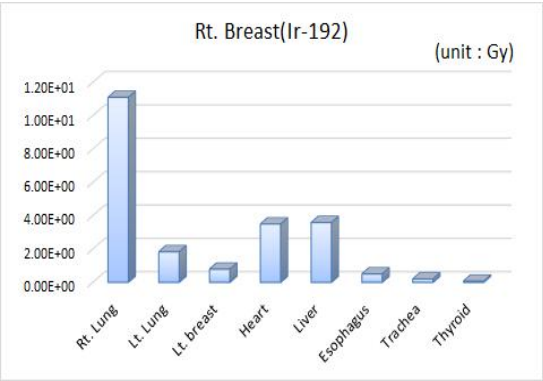


Fig. 3. The results of the dose relative to the surrounding organs for prescribed dose of ^{192}Ir.

2. 왼쪽 유방

2.1. ^{103}Pd

^{103}Pd의 초기방사능 1 Ci당 선원장기인 왼쪽 유방과 인접장기가 받은 선량(Gy/Ci)을 Table 5에 제시하였으며 다음으로 처방선량 50 Gy에 대하여 인접장기가 받은 선량(Gy/Gy_{50})을 Fig. 4로 나타내었다.

선원장기가 받은 양은 1.13E-02 Gy/Ci였으며, 이 때

반대측 유방의 선량은 7.11E-06 Gy/Ci로 나타났다. 인접장기들의 선량은 평균 약 1.97E-04 Gy/Ci로 측정되었다. 또한 이를 처방선량을 기준으로 평가를 하였을 때, 선원장기를 기준으로 반대측 유방은 약 0.049%, 인접장기들은 약 0.000006(Thyroid)~1.14%(Lt. Lung)로 나타났다.

Table 5. Estimation of absorbed dose of the surrounding organs with left breast as the source organ.

Organ	Absorbed dose (Unit: Gy/Ci)
Rt. lung	4.79E-08
Lt. lung	1.67E-04
Rt. breast	7.11E-06
Heart	2.27E-05
Liver	9.00E-08
Esophagus	1.31E-08
Trachea	2.25E-09
Thyroid	-
Lt. breast(source organ)	1.13E-02

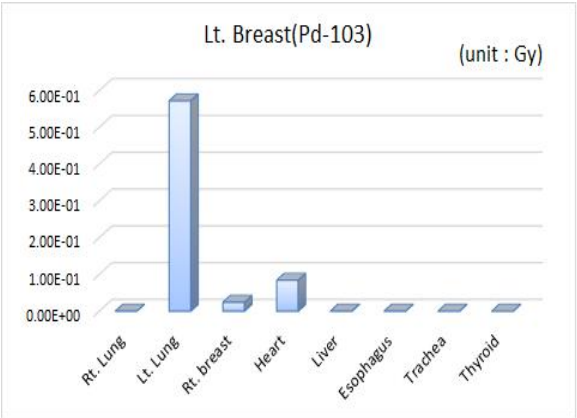


Fig. 4. The results of the dose relative to the surrounding organs for prescribed dose of ^{103}Pd(Unit: Gy).

2.2. ^{192}Ir

^{192}Ir의 초기방사능 1 Ci당 선원장기인 왼쪽 유방과 인접장기가 받은 선량(Gy/Ci)을 Table 6에 제시하였으며 Fig. 5는 처방선량 50 Gy에 대해 인접장기가 받은 상대선량(Gy/Gy$_{50}$)을 그림으로 나타낸 것이다.

선원장기가 받은 양은 2.93E-02 Gy/Ci였으며, 이 때 반대측 유방의 선량은 3.16E-04 Gy/Ci로 나타났다. 인접장기들의 선량은 평균 약 9.42E-03 Gy/Ci로 측정되었다. 또한 이를 처방선량을 기준으로 평가하였을 때, 선원장기를 기준으로 반대측 유방은 1.014%, 인접장기들은 약 0.15%(Thyroid)~19.8%(Lt. Lung)로 나타났다.

Table 6. Estimation of absorbed dose of the surrounding organs with left breast as the source organ.

Organ	Absorbed dose (Unit: Gy/Ci)
Rt. lung	7.00E-04
Lt. lung	4.49E-03
Rt. breast	3.16E-04
Heart	2.59E-03
Liver	1.22E-03
Esophagus	9.08E-05
Trachea	2.15E-05
Thyroid	1.31E-05
Lt. breast(source organ)	2.93E-02

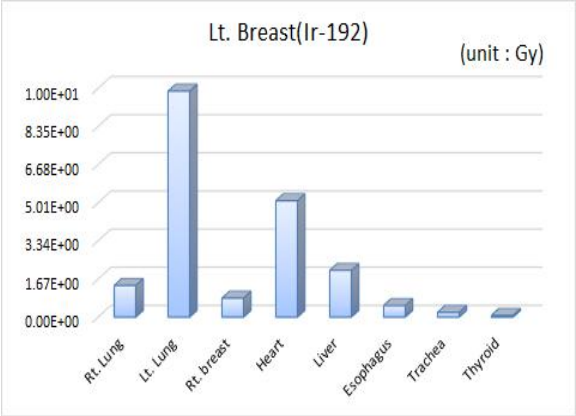


Fig. 5. The results of the dose relative to the surrounding organs for prescribed dose of ^{103}Pd(Unit: Gy).

Ⅳ. DISCUSSION

유방암의 근접치료 시 주변장기의 흡수선량을 예측하기 위하여 선원장기를 우측과 좌측 유방으로 설정하고 유방에 인접해 있는 주변장기인 폐, 심장, 간, 식도, 기관지, 갑상선 및 근접치료를 시행하지 않는 반대편 유방을 대상으로 평가하였다.

선원장기인 유방에 ^{103}Pd 핵종을 이식한 경우에는 흡수선량이 평균 1.13E-02 Gy/Ci로 나타났으며, ^{192}Ir 핵종은 평균 2.93E-02 Gy/Ci를 보이며 ^{192}Ir의 흡수선량이 더 높게 평가되었다. 이 결과와 부합하게 인접장기의 평균 흡수선량에서도 ^{103}Pd은 약 2.25E-04 Gy/Ci, ^{192}Ir은 1.05E-02 Gy/Ci로 ^{192}Ir이 더 높게 나타났다.

그리고 선원장기인 유방을 제외하고 가장 높은 선량을 받는 장기는 선원측 유방에 인접한 폐로 나타났다.

세부적으로 ^{103}Pd 핵종의 경우 처방선량 대비 평균 약 1.31%로 나타났으며, ^{192}Ir은 처방선량 대비 약 22.2%의 결과를 보이며 현저한 차이를 보였다. 전반적으로 핵종별, 선원장기의 이식위치별로 인접장기에 대한 결과는 다소 상이하였지만 유방암의 근접치료에서 우선적으로 고려해야 할 인접 장기는 폐, 심장, 간, 치료 반대측 유방인 것으로 나타났다.

한편 근래에 치료 조사야 밖으로 발생하는 산란선량이 처방 선량에 비해 그 양이 적지만 정상조직의 방사선 노출이 2차 암 발생확률과 관련이 있다는 연구가 보고되었다.[18] 이와 관련하여 국내 연구에서도 선형가속기를 이용한 유방암의 외부 방사선치료에서 처방선량에 대비하여, 치료계획 방식에 따라 6.55%~1.87%로 치료 반대편 유방에 영향이 있는 것으로 보고하였다.[19] 본 연구 결과와 비교하면 ^{103}Pd 사용 시 반대편 유방에 대한 선량값은 평균 2.44E-02 Gy로 처방선량 대비 약 0.049%를 차지하였으며, 192Ir의 경우에는 반대편 유방에 대한 평균 선량값이 5.07E-01 Gy, 즉 처방선량 대비 약 1.014%로 나타남으로써 근접치료 방식이 더 우수하게 평가되었다. 이것은 외부방사선치료에 비하여 고선량의 방사선을 종양에 집중할 수 있는 반면 주위 정상조직에는 선량을 급격히 감소시킬 수 있는 근접치료 방식의 이점으로 판단된다.

또한 선형가속기를 이용한 유방암의 외부방사선치료에서는 종양보다 심부에 위치하는 정상조직인 폐와 심장, 간 등의 인접장기 보호와 이로 인한 용적선량의 저하를 유도하기 위해 접선조사(Tangential technique)를 사용하고 있다.[5] 이런 노력의 일환으로 근래에는 인접장기의 피폭선량을 줄이기 위해 치료계획 방식의 변화를 제시하고[20], 추가적으로 다엽콜리메이터(MLC)나 저용융점합금인 Lipowitz(Cerrobend, Bi 50.0%, Pb 26.7%, Sn 13.3%, Cd 10.0%)를 이용한 연구가 다수 발표되고 있다.[21] 하지만 방사성핵종을 이용하는 근접치료에서는 접선조사 또는 부분적인 차폐체의 사용이 제한적일 수 밖에 없다.

따라서 유방암의 근접치료 시에는 사용되는 방사성핵종의 물리적 특성을 감안하고 선원장기인 유방과 특히 근접장기인 폐, 심장, 간, 치료 반대측 유방의 장기선량에 특히 유의하여 치료계획을 세워야 할 것이다.

Ⅴ. CONCLUSION

본 연구는 유방암의 근접치료 시 수학적 모의피폭체를 사용하여 유방 및 근접장기의 선량을 평가함으로써 근접방사선치료의 기초자료를 제공하고자 하였다.

본 모의실험을 통해 이식장기에 대한 선량은 ^{192}Ir이 ^{103}Pd에 비해 높은 흡수선량을 보였으며 반대측 유방에 영향을 미치는 선량도 ^{192}Ir이 더 높게 평가되었다. 특히 처방선량 대비 반대측 유방에 대한 선량을 비교한 결과, 외부방사선치료에 비해 근접치료가 더 적은 선량을 보이며 강점을 나타냈다.

그리고 유방암의 근접치료 시 특히 고려해야 할 장기는 선원장기를 제외하고 폐, 간, 심장, 반대측 유방이며 사용되는 방사성핵종의 특성을 고려한 치료계획이 필요할 것이다.

Reference

[1] World Cancer Report 2014, International Agency for Research on Cancer, Lyon, 2014.

[2] GLOBOCAN 2012, “Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2012,” Lyon: International Agency for Research on Cancer, Accessed September 1st, 2014.

[3] Ministry of Health & Welfare, “Annual report of cancer statistics in Korea in 2013,” Korea, 2015.

[4] Korean Breast Cancer Society, “Breast Cancer Facts & Figures 2015,” Korean Breast Cancer Society, 2015.

[5] S. S. Kang, I. H. Go, G. J. Kim, S. H. Kim, Y. S. Kim, Y. J. Kim, "Radiation Therapeutics, third edition," Chung-ku munhwasa, Korea, 2014.

[6] F. M. KHAN, "The Physics of Radiation Therapy 4/E," Lippincott Williams & Wilkins, 2009.

[7] International Commission on Radiological Protection, “Radionuclide Transformations Energy and Intensity of Emissions,” Pergamon Press, Oxford, England, 1984.

[8] XU XG, “An exponential growth of computational phantom research in radiation protection, imaging, and radiotherapy: a review of the fifty-year history,” Physics in Medicine and Biology, Vol. 59, No. 18, pp. R233-R302, 2014.

[9] J. S. LEE, “Dose Evaluation Using Mathematical Si mulation of Radiation Exposure Body in Mammograp hy System,” Journal of the Korean Society of Radiol ogy, Vol. 8, No. 4, pp. 155-161, 2014.

[10] International Commission on Radiological Protection, “Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values,” A report of ICRP Publication 89, Ann. ICRP 32 (3-4), 2002.

[11] International Commission on Radiation Units and Me asurements (1992c), “Photon, Electron, Proton and N eutron Interaction Data for Body Tissues,” ICRU Re port 46 (Bethesda, MD: ICRU), 1992.

[12] D. Y. LEE, S. J. Ko, S. S. Kang, C. S. Kim, D. H. Kim, J. H. Kim, “Dose Evaluation of Childhood Leu kemia in Total Body Irradiation,” Journal of the Kor ean Society of Radiology, Vol. 7, No. 4, pp. 259-26 4, 2013.

[13] LANL, User's manual version 2.5.0, Los Alamos Nat ional Laboratory, LA-CP-05-0369, 2005.

[14] E. F. Richard, J. K. Shultis, “Radiological Assessme nt sources and Doses. 2nd ed,” Americal Nuclear So ciety, USA, 1999.

[15] P. B. Zanzonico, “Internal Radionuclide Radiation Do simetry: A Review of Basic Concepts and Recent D evelopments,” Journal of Nuclear Medicine, Vol. 41, No. 2, pp. 297-308, 2000.

[16] R. Loevinger, T. F. Budinger, E. E. Waston, “MIRD Primer for Absorbed Dose Calculations(revised),” The Society of Nuclear Medicine, New York, 1991.

[17] J. A. Hattanqadi, S. N. Powell, T. Mauceri, P. Freer, M. A. Gadd, A. G. Taqhian, “Accelerated partial br east irradiation with low-dose-rate interstitial implant brachytherapy after wide local excision: 12-year outc omes from a prospective trial,” International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, Vol. 83, No. 3, pp. 791-800, 2012.

[18] Xu XG, B. Bednarz, H. Paganetti, “A review of dos imetry studies on external-beam radiation treatment w ith respect to second cancer induction,” Physics in medicine and biology, Vol. 53, pp. 193-241, 2008.

[19] T. J. Ban, S. D. Jeon, J. W. Kwak, G. M. Baek, “E valuation of Scattered Dose to the Contralateral Brea st by Separating Effect of Medial Tangential Field a nd Lateral Tangential Field: A Comparison of Comm on Primary Breast Irradiation Techniques,” The jour nal of the korean radiotherapeutic technology, Vol. 2 4, No. 2, pp. 183-188, 2012.

[20] S. M. Park, G. S. Cheon, G. H. Heo, S. P. Shin, K. S. Kim, C. U. Kim, H. N. Kim, “The Study of Dos e Varian and Change of Heart Volume Using 4D-CT in Left Breast Radiation Therapy,” The journal of th e korean radiotherapeutic technology, Vol. 25, No. 2, pp. 187-192, 2013.

[21] H. S. Lee, “A Study on Dose Analysis of Left Brea st Cancer Radiation Therapy According to Using Car diac Shielding Block,” Department of Radiological S cience, The Graduate School of Health Promotion, H anseo University, Korea, 2014.

유방암의 근접치료 시 수학적 모의피폭체를 이용한 인접장기의 선량평가

박은태,[1] 김정훈,[2] 임인철[3,*]

[1]인제대학교 부산백병원 방사선종양학과
[2]부산가톨릭대학교 방사선학과
[3]동의대학교 방사선학과

요 약

본 연구는 유방암의 근접치료 시 수학적 모의피폭체를 이용하여 유방 및 인접장기의 선량을 평가하고자 하였다. 좌측 유방과 우측 유방을 선원으로 설정하여 ^{192}Ir과 ^{103}Pd 핵종에 대한 흡수선량을 분석하였다. 그 결과 선원 장기에 대한 선량은 ^{192}Ir이 ^{103}Pd에 비해 높은 흡수선량을 보였으며, 반대측 유방의 선량도 ^{192}Ir이 높게 나타났다. 또한 유방암의 근접치료 시 특히 유의해야 할 인접장기는 폐, 간, 심장, 반대측 유방으로 평가되었다.

중심단어: 유방암, 근접치료, 모의피폭체, 흡수선량