

# <sup>192</sup>Ir를 사용한 자궁경부암 치료시 주변 장기 및 근접한 사람의 선량 평가 — Assessment of Radiation Dose for Surrounding Organs and Persons Approaching Patients upon Brachytherapy of Cervical Cancer with <sup>192</sup>Ir —

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

강 세 식

### — 국문초록 —

한국인의 신체 특성에 맞는 방사선치료 선량 평가를 위해 한국표준여성에 기초하여 수학적 모의피폭체를 제작하였다. 이후 자궁을 선원장기로 하여 자궁경부암 근접치료 시 발생할 것으로 예상되는 자궁 및 주변장기의 흡수선량과 치료환자에 근접한 사람의 선량을 평가하였다. 시뮬레이션을 위하여 방사성핵종은 자궁경부 근접치료에 유용하게 사용되는 <sup>192</sup>Ir을 선정하였고, 초기 방사능 1 Ci를 투여하는 것으로 가정하였다. 그 결과 선원장기인 자궁에 4.92E-14 Gy/Ci를 나타냈으며, 치료 환자로부터 거리에 따른 사람의 선량은 전방 30 cm 거리에서 1.24E-07 Sv를 나타냈다.

**중심 단어:** 방사선치료, 선량 시뮬레이션, 자궁경부암 근접치료, <sup>192</sup>Ir, 인접 장기선량

## I. 서 론

2007년 국가암등록사업 연례 보고서에 따르면 자궁경부암은 여성암 중 7번째, 35세에서 64세 사이의 여성의 경우 4위의 발생빈도를 보이고 있다<sup>1)</sup>. 자궁경부암의 치료는 외과적 수술과 방사선치료 및 화학요법을 병용하여 치료하고 있다<sup>2)</sup>. 방사선치료는 종양치료의 성적을 향상시키기 위하여 선형가속기 등을 이용한 외조사 방사선치료와 방사성 동위원소를 이용한 근접방사선치료를 함께 병용하고 있다<sup>3)</sup>. 또한 자궁경부암의 근치적 방사선치료는 원발병소와 골반내 림프절을 포함한 골반강에 외조사를 시행하고 원발병소는 강내조사를 시행한다. 강내조사는 근접방사선치료 방법의 하나이며, 조직내, 강내, 관내 또는 피부표면에 위치한

종양에 방사선원을 직접 삽입하여 정상조직에 주어지는 방사선피폭을 최소화하는 대신 종양부위에 최대한의 선량을 국한시켜 정상조직의 장해를 최소화하는 방사선치료 방법이다<sup>4)</sup>. 자궁경부암에 시행되는 강내조사는 1980년 이전까지는 대부분 저선량률(low-dose-rate)을 사용하였으나 근래에는 고선량률(high-dose-rate)의 원격조정 시스템으로 대체되고 있으며, 현재 개발도상국에 400개를 포함하여 세계적으로 1,500개 이상의 장치가 사용되고 있다<sup>5,6)</sup>. 자궁경부에 대한 근접방사선 치료의 제한적인 요소는 자궁주변에 인접한 장기인 소장, 대장, 방광, 직장, S-자 결장 등에 필요 이상의 방사선피폭을 유발 한다는 점이다. 과도한 방사선이 조사되면 치료종료 후 환자의 생활에 이차적인 장애를 일으켜 삶의 질을 저하시키는 요인이 되기도 하며, 장치의 오류로 인한 술자 및 환자 보호자의 방사선피폭을 유발 시킬 수 있다<sup>2,3,6)</sup>.

이에 본 연구는 <sup>192</sup>Ir을 사용하여 자궁경부암의 방사선치료 시 주변장기 및 치료환자에 근접한 사람의 선량을 수학적 모의피폭체를 통하여 예측함으로써 자궁경부암의

\*접수일(2010년 7월 31일), 심사일(2010년 8월 9일), 확정일(2010년 9월 3일)

교신저자: 강세식, (609-757) 부산시 금정구 부곡 3동 9번지  
부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과  
TEL: 051-510-0582, FAX: 051-510-0588  
E-mail: sskang@cup.ac.kr

근접방사선치료시 발생가능한 사고시 선량관리에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 자궁경부암 근접방사선치료용 방사성핵종의 물리적 특성

근접방사선치료(brachytherapy)는 밀봉 방사성동위원소로 종양을 치료하는 방법이다. 이 방법은 원격치료에 비하여 고선량의 방사선을 종양에 집중할 수 있는 반면, 주위 정상조직에는 선량이 급격히 감소시킬 수 있다<sup>4)</sup>. 자궁경부암에 대한 근접치료용 방사성핵종은 <sup>192</sup>Ir, <sup>60</sup>Co, <sup>137</sup>Cs 등이 많이 사용되는데, 이중 <sup>192</sup>Ir는 감마방사선의 에너지가 <sup>60</sup>Co, <sup>137</sup>Cs에 비해 상대적으로 낮고, 반감기가 74일로 짧으며, 비방사능이 큰 선원으로 근접방사선치료를 수행하는데 적합한 핵종으로 널리 이용되고 있다<sup>4,7)</sup>.

Table 1에 <sup>192</sup>Ir의 붕괴 특성을 표시 하였다.

Table 1. Decay characteristics of <sup>192</sup>Ir<sup>8)</sup>

<sup>192</sup> Ir					
Freq.(%)	E(MeV)	Yield	Freq.(%)	E(MeV)	Yield
29	0.2960	0.2900	4.58	0.0668	0.0458
29.7	0.3084	0.2970	2.67	0.0651	0.0267
82.8	0.3165	0.8280	0.466	0.2013	0.0047
0.662	0.4165	0.0066	3.29	0.2058	0.0329
4.52	0.5886	0.0452	0.729	0.3745	0.0073
8.18	0.6044	0.0818	3.16	0.4846	0.0316
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

자궁(uterus)은 벽이 두꺼운 근육성이며 속이 빈 장기로서, 자궁관(난관)에서 수정된 수정란을 받아 발육시키는 기관이다. 자궁은 방광과 직장 사이에 위치하며, 상외측으로는 자궁관으로 이어지고, 아래로는 질로 이어지는데 직장과 방광의 상태에 따라 상대적으로 위치가 변한다. 그 형태는 위가 넓은 가지 모양이고 앞뒤로 약간 납작하다<sup>9)</sup>.

본 연구에 사용한 수학적 인체모형의 내부 장기는 한국 성인 여성의 표준 데이터를 바탕으로 질량 및 체적을

결정하였으며<sup>10)</sup>, 자궁의 위치는 위에서 설명한 방광과 직장 사이에 위치하게 하였다. 또한 장기의 물질은 Oak Ridge National Laboratory(이하 ORNL)보고서 TM-8381에서 제시하는 구성 물질 즉 폐(lung), 뼈(bone 또는 skeleton), 기타 조직은 연부조직(soft tissue)으로 구성되어 있다고 가정하였다. 밀도는 각각 0.296 g/cm<sup>3</sup>, 1.40 g/cm<sup>3</sup>, 1.04 g/cm<sup>3</sup>이다<sup>11)</sup>.

광자의 수송과 에너지 부여량 계산에는 몬테칼로 입자수송 코드인 MCNPX를 사용하였다. 자궁을 선원영역으로 하고 광자의 에너지는 Table 1에 제시되어 있는 <sup>192</sup>Ir의 에너지를 이용하여 자궁 종양을 중심으로 점 선원을 상하 각각 0.5 cm 간격으로 5곳에 위치시켰다. 이후 피폭조직의 비유효에너지(SEE, specific effective energy) 산정을 위해 \*F8 tally와 치료환자에 근접한 사람의 선량산정을 위한 선속밀도는 F4 tally를 사용하였고 10<sup>7</sup>개의 히스토리를 사용하였다. 이때 각각의 상대오차는 3% 이내였다.

### 3. 수학적 모의피폭체의 구성

ORNL에서 개발한 MIRD형 인체 팬텀은 최초의 수학적 팬텀으로 몬테칼로 방법과 결합하여 방사선 방호와 의학적인 선량 분포를 계산하기 위해 널리 이용되어 왔다.

MIRD형 모의피폭체(MIRD-Type Phantom)는 ICRP-23에서 제시하는 표준인을 반영하여 인체의 장기를 타원, 원뿔, 평면 및 원통 등으로 구성하였으며, 2차원 수학방정식을 이용하여 3차원 공간내에 각 장기를 표현하여 비흡수분획을 도출하였다. MIRD형 수학적 팬텀의 구성은 인체를 서(erect)있는 것으로 모사했으며, 3차원 공간에 입체도형을 직교 좌표계를 이용하여 모사하였다. Z-축은 팬텀의 발에서 머리 방향, X-축은 오른쪽에서 왼쪽방향, Y-축은 앞면에서 뒷면으로 가는 방향으로 지정하였고, 축의 치수는 센티미터(cm)를 사용하였다<sup>11,12)</sup>. 본 연구에서는 2004년 과학기술부에서 제시하는 한국표준인을 기초 자료로 하고<sup>10)</sup>, 수학적 팬텀인 MIRD형 인체팬텀을 수정하여 각 장기를 모사하였다. 이때 자궁의 경우 식 (1)과 같이 구성하였다.

$$\left(\frac{x \pm 5.077}{1.147}\right)^2 + \left(\frac{y}{0.568}\right)^2 + \left(\frac{z - 13.25}{1.764}\right)^2 \leq 1 \quad (1)$$

이후 자궁을 선원장기로 한 주변 장기의 비유효에너지

**Table 2.** Comparison of selected tissue masses for the phantoms [Unit: g]

Organ	Reference Korean(Female) <sup>10)</sup>	ICRP-89 Reference Female <sup>13)</sup>	ORNL Phantom <sup>11)</sup>	This Study Phantom
Adrenal glands(2)	-	13	10.5	10.30
Gall bladder	18.1±8.4	48	58.27	57.49
Heart	588±142.5	620	588	574.5
Kidneys	267±48.5	275	248	243.0
Liver	146.5±167.8	1400	1400	1372
Lung	781±209.8	950	651	639.3
Pancreas	57.2±30.1	120	64.9	62.80
Spleen	155.4±54.6	130	123	120.9
Stomach	308.1±156.1	230	313	306.3
Breasts	-	500	407	339.3
Thyroid	16.7±3.1	17	12.4	12.10
Urinary bladder	175.1±125.6	40	195.9	191.8
Uterus	113.68±43.14	80	79.0	74.54
Height(cm)	160.7±2.3	163	63.1	167
Weight(kg)	54.4±6.1	60	56.8	47

를 도출하였다. 시뮬레이션을 위한 각 장기별 무게는 Table 2과 같다.

한국표준인의 장기를 ICRP-89 표준인 및 ORNL 인체 모형의 장기와 비교한 결과, 한국 표준인의 몸무게 및 키는 각각 54.4 kg, 160.7 cm로 나타났으나, ICRP-89 표준인의 경우 각각 60 kg과 163 cm로 평가되어 한국표준인이 더 작은 것으로 나타났다. 또한 ORNL 인체모형의 경우보다도 작은 것으로 나타났다. 13개의 장기비교에서는 비장, 위, 방광, 자궁을 제외하고는 한국표준인의 장기가 ICRP-89 표준인보다 더 작은 것으로 나타났다. ORNL 인체모형과의 장기비교에서는 폐와 자궁을 제외하고 나머지 11개의 장기는 한국표준이 더 작은 것으로 나타났다.

#### 4. 치료환자의 각 장기별 선량 평가방법

누적(축적)방사능이란 방사성동위원소의 방사성붕괴에 대한 시간적분량(time integral)을 말하며 아래와 같이 식 (2)으로 표현할 수 있다<sup>14,15)</sup>.

$$U_s = \int_0^{\infty} A(t)dt \quad (2)$$

여기에서  $U_s$ 는 누적(축적)방사능( $\mu\text{Ci}\cdot\text{h}$  또는  $\text{MBq}\cdot\text{s}$ )이며,  $A(t)$ 는 시간  $t$ 에서의 순간방사능이다. 선원 영역 내의 초기 방사능이  $A_0$ 일 때 방사능의 시간 함수  $A(t)$ 는 방사성동위원소 및 화합물의 유효 붕괴 상수  $\lambda_{\text{eff}}$ 에 의해 아

래 식 (3)와 같이 결정된다.

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda_{\text{eff}} \cdot t} \quad (3)$$

위 식을 식 (2)에 대입하면 누적방사능  $U_s$ 는 아래 식 (4)와 같이 간단하게 표현될 수 있다.

$$U_s = \frac{A_0}{\lambda_{\text{eff}}} \quad (4)$$

또한 흡수선량은 위의 누적방사능과 비유효에너지(SEE, Specific Effective Energy)의 값을 이용하여 아래 식 (5)과 같이 표현되며,

$$\text{흡수선량(Absorbed Dose)} = k \sum_i U_s \text{SEE}(T \leftarrow S)_i \quad (5)$$

이때 상수  $k$ 는  $k = 1.602 \times 10^{-10} \frac{\text{Gy}}{\text{MeV/g}}$  로 표현된다.

피폭조직의 비유효에너지(SEE, Specific Effective Energy)는 다음 식 (6)과 같이 정의된다.

$$\text{SEE} = \sum_i \frac{E_i Y_i \text{AF}(T \leftarrow S)_i W_i}{M_t} \quad (6)$$

여기서  $Y_i$  : 붕괴당 입자  $i$ 의 방출률  
 $E_i$  : 입자  $i$ 의 평균에너지

**Table 4.** Dose of persons following the distance from an implanted patient

Distance(cm)	Absorbed dose rate(Gy/min)					Absorbed dose(Sv)				
	A	B'	B	C'	C	A	B'	B	C'	C
30	4.80E-11	4.78E-11	4.85E-11	4.78E-11	4.75E-11	1.23E-07	1.24E-07	1.24E-07	1.22E-07	1.21E-07
50	2.78E-11	2.76E-11	2.80E-11	2.76E-11	2.74E-11	7.14E-08	7.16E-08	7.18E-08	7.08E-08	7.02E-08
100	1.05E-11	1.06E-11	1.06E-11	1.06E-11	1.06E-11	2.69E-08	2.71E-08	2.72E-08	2.70E-08	2.71E-08
200	3.23E-12	3.28E-12	3.27E-12	3.28E-12	3.33E-12	8.29E-09	8.34E-09	8.38E-09	8.41E-09	8.53E-09

$AF(T \leftarrow S)_i$  : 흡수분획(Absorbed Fraction),  
 선원조직  $S_i$ 에서 방출된 입자  $i$ 의 에너지 중 피  
 폭조직  $T_i$ 의 단위질량당 흡수되는 비율  
 $W_i$  : 방사선입자  $i$ 의 선질인자(방사선가중인자)  
 $M_t$  : 표적장기의 질량

$$D = \frac{\frac{\phi \text{photons/cm}^2}{\text{sec}} \times E \text{MeV/ photon} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{J/MeV} \times \mu_m \text{cm}^{-1}}{\rho \text{ mkg/cm}^3 \times 1 \frac{\text{J/kg}}{\text{Gy}}} \quad (7)$$

**5. 치료환자에 근접한 사람의 선량 평가방법**

방사선속이 진행하는 위치에 있는 물질의 질량감쇠계수와 이 위치에서 물질에 흡수되는 방사선의 흡수선량을 은 방사선속의 선속밀도, 에너지 및 물질의 질량-에너지 감쇠계수에 비례하여 다음과 같은 식 (7)을 갖는다<sup>16)</sup>.

여기서  $D$  : 흡수선량을(Gy 또는 Sv)  
 $\mu_m / \rho_m$  : 물질의 질량감쇠계수  
 $\phi$  : 선속밀도  
 $E$  : 에너지 (MeV)

**Table 3.** Estimation of specific effective energy and absorbed dose of the surrounding organs with Uterus as the source organ

Organ	<sup>192</sup> Ir									
	SEE(Unit : MeV/g)					Absorbed Dose (Unit : Gy/G)				
	A	B'	B	C'	C	A	B'	B	C'	C
Adrenal glands(2)	7.42E-16	6.93E-16	6.43E-16	7.61E-16	7.79E-16	4.40E-15	4.11E-15	3.81E-15	4.51E-15	4.62E-15
Kidneys	5.94E-17	5.57E-17	5.19E-17	6.53E-17	7.11E-17	3.52E-16	3.30E-16	3.08E-16	3.87E-16	4.22E-16
Liver	6.49E-18	6.04E-18	5.59E-18	6.98E-18	7.46E-18	3.85E-17	3.58E-17	3.31E-17	4.14E-17	4.42E-17
Pancreas	1.58E-16	1.49E-16	1.39E-16	1.70E-16	1.81E-16	9.37E-16	8.81E-16	8.24E-16	1.00E-15	1.07E-15
Spleen	5.89E-17	5.44E-17	4.98E-17	6.50E-17	7.10E-17	3.49E-16	3.22E-16	2.95E-16	3.85E-16	4.21E-16
Stomach	4.28E-17	4.02E-17	3.75E-17	4.71E-17	5.13E-17	2.54E-16	2.38E-16	2.22E-16	2.79E-16	3.04E-16
Small Intestine	1.96E-16	1.72E-16	1.47E-16	2.31E-16	2.65E-16	1.16E-15	1.02E-15	8.72E-16	1.37E-15	1.57E-15
Ascending Colon	7.61E-16	7.02E-16	6.42E-16	8.01E-16	8.40E-16	4.51E-15	4.16E-15	3.81E-15	4.75E-15	4.98E-15
Transverse Colon	2.99E-16	2.73E-16	2.47E-16	3.33E-16	3.67E-16	1.77E-15	1.62E-15	1.46E-15	1.98E-15	2.18E-15
Descending Colon	7.99E-16	7.77E-16	7.54E-16	8.03E-16	8.07E-16	4.74E-15	4.61E-15	4.47E-15	4.76E-15	4.78E-15
Sigmoid Colon	9.33E-16	1.01E-15	1.09E-15	8.43E-16	7.52E-16	5.53E-15	6.00E-15	6.46E-15	5.00E-15	4.46E-15
Urinary Bladder	1.32E-15	1.58E-15	1.84E-15	1.15E-15	9.71E-16	7.83E-15	9.37E-15	1.09E-14	6.80E-15	5.76E-15
Ovaries	3.37E-14	3.15E-14	2.93E-14	3.47E-14	3.57E-14	2.00E-13	1.87E-13	1.74E-13	2.06E-13	2.12E-13
Uterus	4.92E-14	4.47E-14	4.02E-14	4.67E-14	4.41E-14	2.92E-13	2.65E-13	2.38E-13	2.77E-13	2.61E-13

A : 자궁 중심  
 B : 자궁 중심 A point로부터 다리 방향으로 1 cm 떨어진 곳  
 B' : 자궁 중심 A point로부터 다리 방향으로 0.5 cm 떨어진 곳  
 C : 자궁 중심 A point로부터 머리 방향으로 1 cm 떨어진 곳  
 C' : 자궁 중심 A point로부터 머리 방향으로 0.5 cm 떨어진 곳

또한 일반적으로 환자로부터 주어진 거리에서 총 선량 D는 식 (8)로 평가할 수 있다.

$$\dot{D}(t_0) = 34.6 T_b \dot{D}(t_0) E \quad (8)$$

여기서  $\dot{D}(t_0)$  : 흡수선량율(Gy 또는 Sv)  
 $T_b$  : 물리적 반감기  
E : 이식 환자근처에 머무르는 점유도

### III. 결 과

#### 1. 자궁을 선원영역으로 한 주변 장기의 비유효에너지 및 흡수선량 산정

선원장기를 자궁으로 주변장기를 표적장기로 설정하여, 각 장기별 <sup>192</sup>Ir의 비유효에너지와 식 5를 이용하여 흡수선량을 Table 3와 같이 도출했다. 그 결과, 자궁을 제외하고 비유효에너지 및 흡수선량은 난소, 방광, S-자결장 순으로 높게 나타났다.

각 장기별 흡수선량 평가는 <sup>192</sup>Ir 1Ci가 1분 동안 자궁에 점 선원으로 삽입되어 있음을 가정하였다. 또한 <sup>192</sup>Ir의 물리적 반감기를 고려하여 흡수선량을 산정하였다. 그 결과, 자궁의 경우 자궁중심부(A Point)가 5개의 선원의 위치 중 가장 높은 2.92E-13 Gy/Ci로 나타났으며, 난소의 경우, 선원의 위치가 C인 경우 2.12E-13 Gy/Ci를, 방광의 경우 선원의 위치가 B인 경우 1.09E-14 Gy/Ci로 가장 높은 선량을 나타냈다.

#### 2. 치료환자에 근접한 사람의 선량평가

<sup>192</sup>Ir 치료환자에 근접한 사람의 선량평가는 식 (8)을 사용하였다. 또한 거리별 선량평가를 위해 치료환자를 선원영역으로 전방 30, 50, 100, 200 cm 거리에 의료진이 위치하는 것으로 가정하여 치료환자에 근접한 의료진의 선량을 평가 하였다. 이때 흡수체의 크기는 가로 20 cm, 세로 90 cm로 가정하였다. 그 결과, Table 4와 같이 전방 30, 50, 100, 200 cm에서의 흡수선량은 5개의 선원 위치 중 선원의 위치가 B인 경우(자궁 중심 A point로부터 다리 방향으로 1cm 떨어진 곳) 가장 높게 나타났다. 이때의 선량은 거리별 각각 1.24E-07, 7.18E-08, 2.72E-08, 8.53E-09 Sv로 평가 되었다.

### IV. 결 론

본 연구는 우리나라 여성들에게서 높은 발생 빈도를 보이는 자궁경부암의 근접치료 시 주변 장기의 피폭선량 및 치료환자에 근접한 의료진의 선량을 한국표준인에 기초한 수학적 모의피폭체를 제작하여 평가하였다.

산정 결과 첫째, 각 장기별 비유효에너지 및 흡수선량이 높은 장기는 비교적 자궁과 인접되어 있는 장기, 즉 난소, 방광, S-자 결장 순으로 나타났다.

둘째, 치료환자에 근접한 사람의 선량은 전방 30, 50, 100 cm 때는 자궁 내 선원의 위치가 자궁 중심 A point로부터 다리 방향으로 1cm 떨어진 곳에 있을 때 가장 높은 방사선피폭을 받은 것으로 평가 되었으며, 200 cm에 위치한 사람의 경우 자궁 중심 A point로부터 머리 방향으로 1cm 떨어진 곳에 선원이 위치했을 때 가장 높은 선량을 받는 것으로 평가 되었다. IAEA는 한 환자의 치료를 통한 보호자나 간병인의 선량이 연간 5 mSv를 초과할 우려가 없도록 제한하고 있다. 본 연구 결과는 한 시간에 받는 선량을 평가한 것이기 때문에 장기적으로 이식환자와 생활하는 간병인 및 보호자의 선량 관리에 충분한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. Cancer Incidence in Korea 2006-2007, Ministry of Health & Welfare, 2009
2. 이경자, 이지혜, 이레나, 서현숙: 자궁경부암에 항암 화학요법과 동시 병용요법으로 외부 방사선조사와 고선량률 강내조사의 예비적 치료결과, 대한방사선종양학회지, 24(3), 171-178, 2006
3. 허현도, 김성훈, 조삼주, 이석, 신동오, 권수일, 김현정, 김우철, 노준규: 근접방사선치료용 다목적 팬텀을 이용한 직장 내 선량분석, 대한방사선종양학회, 23(4), 223-229, 2005
4. Kang, S. S. et al., Radiation Therapeutics, second edition, Chung-ku, 2009
5. ICRP Publication 97: International Commission on Radiological Protection: Prevention of High-dose-rate Brachytherapy Accidents, Elsevier Ltd, The boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, UK, 2004
6. 허승재, 김보경, 임도훈, 신성수, 이정은, 강민규, 안용찬 : 자궁경부암 환자의 근치적 방사선치료성적, 대한방사선종양학회지, 20(3), 237-245, 2002
7. 최태진, 예지원, 김진희, 김옥배, 이호준, 한현수: 고

- 선량률 강내조사선원을 이용한 근접조사선량계획전산화 개발, 대한방사선종양학회, 20(3), 283-293, 2002
8. ICRP Publication 38: International Commission on Radiological Protection: Radionuclide Transformations Energy and Intensity of Emissions, Pergamon Press, Oxford, England, 1984
  9. Kang J.H, Oh S.W : Human physiology, Hong, Seoul, 2001
  10. 이재기, 이춘식, 김현기, 방상현, 홍종호, 고광옥 등: 방사선안전규제기술 개발, 방사선방호를 위한 표준한 국인 설정연구, ITRS/TR-2004-01, 한양대학교, 과학기술부, 2004
  11. Cristy M, Eckerman K.F: Specific Absorbed Fractions of Energy at Various Ages from Internal Photon sources, ORNL/TM-8381, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 1987
  12. Snyder W.S, Ford M.R, Wamer G.G : Estimates of Specific Absorbed Fractions for Photon Sources Uniformly Distributed in Various Organs of a Heterogeneous Phantom, MIRD Pamphlet No5, revised, The Society of Nuclear Medicine, New York, 1978
  13. ICRP Publication 89: International Commission on Radiological Protection: Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values, Elsevier Science Ltd, Oxford, UK (2003)
  14. Zanzonico P.B.: Internal Radionuclide Radiation Dosimetry: A Review of Basic Concepts and Recent Developments, J. Nucl. Med., 41:297-308, 2000
  15. Loevinger R, Budinger T.F, Waston E.E, : MIRD Primer for Absorbed Dose Calculations (revised), The Society of Nuclear Medicine, New York, 1991
  16. Cember, H. Introduction to Health Physics, Third Edition, McGraw-Hill, New York, 1996

---

• Abstract

## Assessment of Radiation Dose for Surrounding Organs and Persons Approaching Patients upon Brachytherapy of Cervical Cancer with $^{192}\text{Ir}$

Se-Sik Kang

*Department of Radiological Science, College of Health sciences, Catholic University of Pusan*

In order to evaluate radiation dose on the uterus and surrounding organs during brachytherapy for cervical cancer, of which the frequency of occurrence is high in Korean women, as well as radiation dose on medical staffs in proximity of patients receiving the therapy, a mathematical phantom based on reference Korean was established and the radiation dose was calculated accordingly. For simulation,  $^{192}\text{Ir}$ , which is useful in brachytherapy, was selected as radionuclide. Also, it was presumed that the intensity of initial radiation was 1 Ci. The result indicated the radiation of  $4.92\text{E}-14$  Gy/Ci in the uterus, the source organ. In addition, radiation on people around patient receiving the therapy was found to be  $1.24\text{E}-07$  Sv at a distance of 30 cm.

---

**Key Words :** Radiotherapy, Dose simulation, Cervical cancer brachytherapy,  $^{192}\text{Ir}$ , Surrounding organs dose