

I-131을 이용한 방사면역 치료에서의 흡수선량 평가

이 영 섭^{1,2}·김 진 수¹·김 경 민¹·이 원 호¹·강 혜 진³·임 일 한¹·김 희 중²·임 상 무¹

한국 원자력 의학원 분자영상 연구부¹

연세대학교 방사선학과²

원자력병원 내과³

E-mail: kjs@kirams.re.kr

중심어 : I-131, 방사면역치료, 흡수선량 평가, 감마 카메라

서 론

방사선을 이용한 병소의 치료는 크게 외부 조사 (External radiation)과 내부 조사 (Internal radiation)로 나눌 수 있다. 외부 조사는 방사선 치료기 등을 이용하여 외부에서 병소를 향해 방사선을 발생시켜 치료를 하는 방법이다. 내부 조사는 체내에 주입된 방사성 동위원소가 생리적, 생화학적 기전에 의해 병소에 집적되어 방사선을 방출해 방사선이 외부조사에 비해 훨씬 병소에 가까워 정상조직보다 더 많이 선택적으로 방사선을 조사할 수 있는 방법이다. 이러한 방사선 내부 조사 치료에는 방사선을 이용해 병소를 진단하는 방사선보다 많은 방사선을 내는 동위원소를 체내에 주입하여 방사성 동위원소가 체내에 잔류하며 인체에 미치는 영향을 예측, 평가하는 것이 중요하다. [1]

환자에게 주입된 방사성 동위원소가 체내에 미치는 방사선의 영향을 평가하기 위하여 내부 방사선 흡수선량의 평가가 요구된다. 전신과 골수를 포함한 장기 및 종양에 대한 적절한 방사선의 내부 흡수선량 평가 (Medical Internal Radiation Dosimetry, MIRD)를 통하여 방사성 동위원소를 이용한 방사면역치료의 내부장기에 대한 독성을 최소화 하는 동시에 치료효과를 높일 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 방사면역 치료시 내부 흡수선량과 골수에 대한 흡수선량의 평가를 하고자 한다.

재료 및 방법

1. 내부 흡수선량 평가

내부 흡수선량 평가에 필요한 시간-방사능 곡선을 얻기 위해서 인체에 방사성 의약품이 주입된 후 부터 일련의 순차적인 영상이 필요하다. 일반적으로 흡수선량 평가를 위한 영상 획득에는 감마 카메라를 이용한 평면 영상이 사용된다. 흡수선량 평가를 위한 영상 데이터는 지멘스사의 Symbia SPECT/CT를 이용하여 얻었다. 조준기는 고에너지 조준기 (High energy, HE)를 사용하였다. 매트릭스 크기는 256 x 256 이었고, 화소 크기는 0.904 mm 이었다.

평면 방출 영상의 계수 값을 방사능 값으로 변환하기 위하여 방사능 값을 알고 있는 각 표준 선원을 이용하여 환자 주변에 놓고 함께 촬영하여 쉽게 영상 계수를 방사능의 단위를 갖는 수치로 변화 시켰다. 내부 흡수선량은 다음과 같은 식으로 평가하였다.

$$\bar{D}(r_t \leftarrow r_s) = \frac{\tilde{A}}{m_k} \cdot \sum_i \Phi_i(r_t \leftarrow r_s) \Delta_i$$

$\bar{D}(r_t \leftarrow r_s)$ 는 선원 장기 (r_s)에서 표적장기 (r_t)에 흡수된 단위질량당 평균 흡수선량 (Gy)로, 선원 장기에 집적된 방사능량 (\tilde{A}), 표적 장기의 질량 m_k (kg), 방사선 에너지의 흡수 분획 $\Phi_i(r_t \leftarrow r_s)$, 그리고 집적된 방사성 의약품의 평형 흡수선량계수 Δ_i 로 계산 할 수 있다. [2]

2. 적색 골수 흡수선량 평가

골수는 방사선에 민감한 장기이며, 전신 방사선 치료시 방사성 의약품 투여량을 결정하는 장기이다. 골수 침착에 따른 흡수 선량의 평가는 영상 데이터를 얻을 때 순차적인 체혈 데이터를 얻어 정량 분석하는 방법이 쓰인다. 얻어진 체혈 데이터를 통해 혈액 방사능의 체류 시간(τ_{blood})을 구하고 적색 골수의 체류시간 (τ_{RM})을 얻을 수 있다.

$$\tau = \tau_{blood} \times m_{model} \times \frac{m_{TB,patient}}{m_{TB,model}} \times \frac{0.19}{(1-hematocrit)}$$

위와 같이 추정된 적색골수의 체류시간과 투여 방사능을 이용하여 적색 골수에 집적된 방사능 (\bar{A})을 계산할 수 있다. [2]

결과 및 고찰

I-131을 이용한 방사면역치료에서 내부흡수선량과 적색 골수 흡수선량을 평가 하였다. 환자 (n=11)에서 구한 흡수선량은 다음과 같다.

Table 1. Results of radioimmunotherapy dosimetry

I-131 Radioimmunotherapy dosimetry					
	IA (mCi)	$^\tau_{blood}$ (Hr)	$^*\tau_{RM}$ (Hr)	$^{\dagger}TBD$ (rad)	$^{\ddagger}RMD$ (rad)
N=1	200	74.01	0.019	81.20	42.00
N=2	200	32.14	0.048	35.40	19.68
N=3	200	21.73	0.056	23.80	14.16
N=4	200	37.12	0.230	41.00	29.00
N=5	200	34.59	0.054	38.00	21.20
N=6	200	27.40	0.040	39.00	19.42
N=7	100	33.51	0.046	23.90	12.70
N=8	100	32.95	0.067	18.10	10.40
N=9	200	37.50	0.105	52.00	24.80
N=10	155	37.61	0.197	32.10	21.90
N=11	150	24.35	0.189	28.20	15.30

*IA = Initial activity

$^*\tau_{blood}$ = Whole body residence time

$^*\tau_{RM}$ = Red marrow residence time

$^{\dagger}TBD$ = Total body dose

$^{\ddagger}RMD$ = Red marrow dose

결론

방사성 의약품을 사용하여 진단 및 치료에 이용하는 방사면역치료는 난치성 질환 및 암세포의 전신 전이 환

자의 치료를 위한 방법으로 최근 새로이 각광을 받고 있다. 그러나 이러한 방사면역치료는 고용량의 방사성 동위원소를 이용한 치료로 인하여 방사성 독성이 장기에 영향을 줄 수 있다. 이를 방지하기 위하여 방사성 독성이 미치지 않는 범위 내에서 정상 조직이 견딜 수 있는 최대한의 선량으로 투여량을 조절 할 수 있는 정확한 치료 계획의 수립이 요구된다. 이를 위해서는 적절한 내부 흡수선량과 인체 내의 중요한 장기 중 하나인 적색 골수의 흡수선량 평가는 필수적이다.

최근 핵의학 영상기기의 발전과 더불어 방사성 동위원소를 이용한 방사면역치료의 안정성과 유효성을 과거에 비해 더욱 정확하고 효과적으로 평가 할 수 있게 되었다. 그러나 핵의학 영상의 획득 과정에서 필연적으로 일어나는 감쇠와 산란은 방사능의 측정 오차를 수반하고 영상의 질 하락의 원인이 된다. 이러한 감쇠와 산란에 대한 보정을 통하여 더 정확하고 효과적인 방사면역 치료를 할 수 있다. 또한 종양과 같은 국소부위의 흡수 선량을 평가하기 위해서는 체내 장기 영상의 중첩이 일어나는 평면 영상은 대조도가 낮고 방사능량 측정의 부정확함이 발생한다. 이런 평면영상의 한계점을 극복하기 위하여 영상의 대조도가 좋은 다른 영상으로부터 정보를 얻어 흡수선량에 이용하는 방법으로 SPECT/CT 나 PET/CT를 이용한 흡수선량 평가가 필요하다. 이에 따른 감쇠 및 산란 보정과 기존 평면영상에 SPECT, PET/CT를 이용한 흡수선량 평가의 추가적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

1. A.V. Rao, G. Akabani, D.A. Rizzieri, "Radioimmunotherapy for non-Hodgkin's Lymphoma" Clin Med Res., 3(3), 157-165(2005)
2. J.H. Turner, A.A Martindale, J. Boucek et al ^{131}I -Anti CD20 radioimmunotherapy of relapsed or refractory non Hodgkins lymphoma: a phase II clinical trial of a nonmyeloablative dose regimen of chimeric rituximab radiolabeled in a hospital" Cancer Biother Radiopham., 18, 512-524 (2003)