

# 안구내 악성종양에 대한 저준위 방사선요법에 관한 연구

원자력병원 치료방사선과

지광수 · 유대현 · 이성구 · 김재휴 · 지영훈

= Abstract =

## A study of Brachytherapy for Intraocular Tumor

### I. Project Title

A Study of Brachytherapy for intraocular tumor

### II. Objective and Importance of the project

The eye enucleation or external-beam radiation therapy that has been commonly used for the treatment of intraocular tumor have demerits of visual loss and in deficiency of effective tumor dose. Recently, brachytherapy using the plaques containing radioisotope—now treatment method that decrease the demerits of the above mentioned treatment methods and increase the treatment effect—is introduced and performed in the countries. Our purpose of this research is to design suitable shape of plaque for the ophthalmic brachytherapy, and to measure absorbed doses of Ir-192 ophthalmic plaque and thereby calculate the exact radiation dose of tumor and it's adjacent normal tissue.

### III. Scope and Contents of the project

In order to brachytherapy for intraocular tumor,

1. to determine the eye model and selected suitable radioisotope
2. to design the suitable shape of plaque
3. to measure transmission factor and dose distribution for custom made plaques
4. to compare with the these data and results of computer dose calculation models

### IV. Results and Proposal for Applications

The result were as followed.

1. Eye model was determined as a 25mm diameter sphere, Ir-192 was considered the most appropriate as radioisotope for brachytherapy, because of the size, half, energy and availability.
2. Considering the biological response with human tissue and protection of exposed dose, we made the plaques with gold, of which size were 15mm, 17mm and 20mm in diameter, and 1.5mm in thickness.
3. Transmission factor of plaques are all 0.71 with TLD and film dosimetry at the surface of plaques and 0.45, 0.49 at 1.5mm distance of surface, respectively.
4. As compared the measured data for the plaque with Ir-192 seeds to results of computer dose calculation model by Gary Luxton et al. and CAP-PLAN(Radiation Treatment Planning System), absorbed doses are within  $\pm 10\%$  and distance deviations are within

0.4mm Maximum error is -11.3% and 0.8mm, respectively.

As a result of it, we can treat the intraocular tumor more effectively by using custom made gold plaque and Ir-192 seeds.

## 서 론

안구에 발생하는 악성종양 중에서 흑색종이 차지하는 비율은 약 70% 이상으로 발생 빈도가 가장 높으며<sup>1,2,3</sup>, 소아에서는 망막아종이 가장 일반적이다. 이들 악성종양은 간을 비롯한 다른 장기에 전이될 가능성도 있다.

현재까지 안구의 악성종양 치료에 있어서 일반적으로 사용되는 방법으로는 안과에서 시행되는 적출술에 의한 치료법과 치료방사선과에서 시행되는 외부 방사선 치료법이 있다<sup>1,3,4,5,6,7,8,9,10</sup>.

그러나 적출술에 의한 치료법은 환자의 시력이 상실되고 외관상 문제 및 정신적인 문제 등이 따르며, 외부방사선 치료법은 시력 상실의 위험성은 다분히 감소시키는 반면 매우 작은 부위에 방사선을 조사시켜야 하므로 방사선 치료시 세심한 주의를 필요로 하며, 일정 시간 경과 후 치료 방법상 불가피하게 방사선이 조사된 종양 이외의 부위에서 부작용이 발생할 가능성이 있다.

최근 들어 이러한 단점들을 줄이면서 안구에 발생한 악성종양의 치료 효과를 높이기 위한 새로운 치료법들이 외국에서 개발되어 시행되고 있다. 이들 새로운 치료법으로는 양자 또는 헬륨 등의 고에너지 입자선을 이용한 외부 방사선 치료법과<sup>11,12,13,14</sup> 방사성 동위원소가 삽입된 기구(plaque)를 이용한 근접 방사선 치료법이다<sup>15,16,17,18,19,20,21</sup>. 이중 고에너지 양자 등의 중입자 방사선을 이용하는 방법은 규모가 방대한 중입자 가속 장치가 설치되어야 하므로 현재로서는 국내에서 이용이 불가능하다.

이에 반해 방사성동위원소를 삽입한 기구를 이용하는 방법은 기구를 종양 부위에 밀착시켜 치료하는 것으로 종양 주변 조직에는 피폭선량을 최소한으로 줄이면서 종양 부위에 고선량을 조사시킬 수 있으며, 안구를 적출하지 않아도 됨으로 시력을 유지시키고, 일주일 정도의 입원으로 치료가 가능하며, 특히 종양의 크기가 지름 20mm 정도 이내에서는 시술이 용

이하고, 한번 제작된 기구는 재사용할 수 있다.

Stallard의<sup>15</sup> 보고에 의하면 이런 기구를 이용한 치료법의 생존율이 적출술에 의한 치료법의 생존율과 비슷한 것으로 되어 있다.

따라서 본 연구에서는 방사성동위원소를 삽입한 기구를 이용한 근접 방사선 치료법을 시행하기 위해 안구내 종양의 크기 및 형태에 따른 적합한 기구들을 설계하고, 종양 주변 조직의 방사선 차폐를 위해 기구의 적당한 재질을 선택하며, 치료에 알맞은 방사성동위원소의 핵종을 선택하고자 하였다.

또한 기구의 방사선 투과계수 및 기구내 방사성동위원소의 분포에 따른 선량 분포를 측정하여 적합한 컴퓨터 선량계산모델을 구함으로써 종양 및 주변 조직에 대한 선량계산에 적용하고자 하였다.

## 본 론

### 1. 연구내용 및 방법

1) 안구의 모델 결정 및 방사성동위원소의 선택  
안구내 악성종양의 근접 방사선치료를 필요한 기구를 제작하기 위한 안구의 모델은 문헌<sup>18,22</sup> 및 원자력병원에 내원한 안과 환자들의 안구를 조사하여 결정하였다. Fig. 1.은 안구의 구조를 나타낸 그림이다.

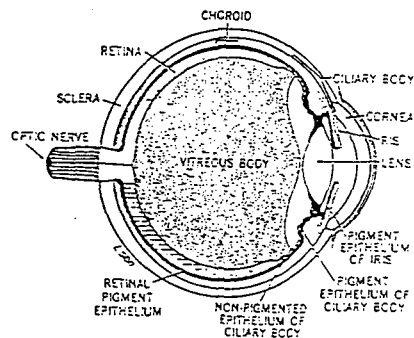


Fig. 1. Schematic diagram of human eye

근접 방사선치료에 적합한 방사성동위원소는 우선 소형이며, 치료 기간동안 선량의 변화가 적도록 반감기가 적당하여야 하고, 종양 부위에는 많은 선량을 조사시키나 주변 정상 조직에는 최소한의 선량만 조사시키며, 기구에 의한 차폐 효과를 높이기 위하여 적당히 낮은 에너지의 방사선을 발생시켜야 한다. 또한 구입이 용이해야만 한다. 따라서 이들 조건들을 만족하는 가장 적합한 방사성동위원소를 선택하기 위하여 문헌 조사를<sup>23,24,25,26</sup> 실시하여 Ir-192 seed 로 결정하였다.

## 2) 기구의 설계 및 제작

근접 방사선치료에 사용될 기구는 구의 껍질 일부분을 자른 모양으로 위에서 보면 원형으로 되어 있으며, 안쪽에 방사성동위원소를 삽입할 수 있는 applicator를 부착할 수 있도록 안쪽의 원주 부분에 2.5mm 높이의 벽을 설치하였고, 안구 모델에 밀착되도록 하였다.

또한 기구의 중심으로부터 좌, 우 45° 방향으로 원주 상에 있는 벽의 바깥쪽으로 중앙에 구멍이 뚫린 귀를 달아 기구를 안구에 봉합사로 부착할 수 있도록 하였으며, 귀와 귀 사이는 벽을 제거하여 applicator가 통과되도록 하였다. 기구는 지름이 15mm에서 20mm까지 세 가지 종류로 설계하였다.

그리고 시신경이 지나가는 주변 종양의 치료를 위하여 기구에 설치된 양쪽 귀 반대쪽에 시신경이 들어갈 수 있는 홈이 파여진 기구를 종류별로 별도 설계하였다. 기구는 금형을 사용하여 제작하였다. Fig. 2.는 기구의 모형을 나타낸 그림이다.

기구의 재질로는 인체조직과 생물학적인 반응을 보이지 않으면서 방사선 차폐에 유리한 순금을 사용하였다.

기구 안쪽에 방사성동위원소를 삽입하는 applicator를 부착하기 위하여 치과용 resin을 사용하였다.

## 3) Ir-192 seed의 방사능 측정

실험에 사용된 Ir-192 seed는 한국에너지연구소에서 1994년 8월 22일에 제작된 것으로 총 15개를 사용하였으며, 방사능을 측정하기 위하여 well type ion chamber (model : Atomlab 44, CNMC사 제품)을 사용하였다.

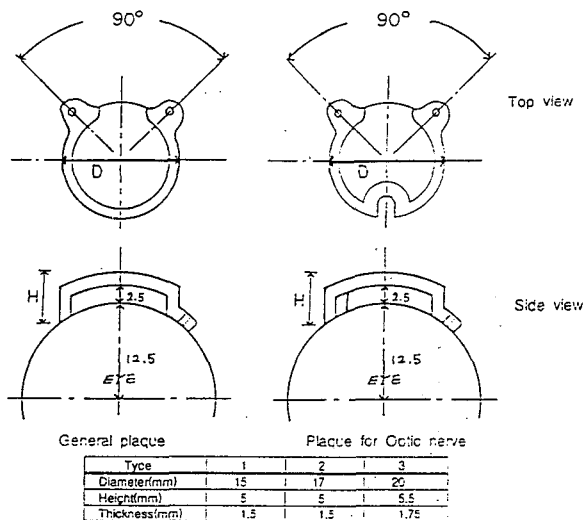


Fig. 2. Schematic drawings of a Gold-plaques

## 4) Film dosimetry

Ir-192 seed가 삽입된 기구의 방사선 투과계수 및 방사선량 분포를 측정하기 위하여 방사선량에 대한 film의 흑화도를 측정하였다. 이 실험에서 교정선원으로 사용된 방사선은 Co-60  $\gamma$ -선이었으며, 방사선량은 10cGy~100cGy에서는 10cGy씩 조사하였고, 100cGy~200cGy에서는 20cGy씩 조사하였으며, 200cGy~400cGy에서는 50cGy씩 조사하였다. Film은 X-Omat V(Kodak사 제품)를 사용하였고, film의 흑화도는 RFA-3 field analyzer system(Therados사 제품)에 장착된 densitometer로 net optical density를 측정하였다. 이 측정 결과를 이용하여 정량적 선량 측정에 사용할 H-D curve 및 회귀 3차 방정식을 작성하였다(Fig. 3.).

## 5) 기구의 방사선 투과계수 측정

금으로 만든 기구의 방사선 투과계수를 측정하기 위하여 Ir-192 seed 한개를 기구 중앙에 삽입하고 반대쪽 표면(seed에서 1.5mm)과 표면에서 1.5mm

(seed에서 3mm) 거리에 film 및 TLD를 설치하여 투과선량을 측정하였으며, Ir-192 seed를 PMMA phantom 위에 올려놓고 같은 거리에서 같은 방법으로 선량을 측정하여 투과계수를 산출하였다.

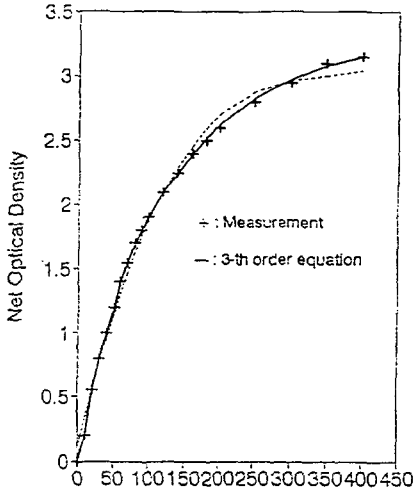


Fig. 3. H-D curve of Kodak X-Omat V film for Co-60

6) Ir-192 seed가 삽입된 기구의 선량분포 측정 및 컴퓨터 선량계산모델과의 비교

Ir-192 seed가 삽입된 기구의 선량분포 측정은 Ir-192 seed 한 개를 기구 중앙에 삽입한 것과, Ir-192 seed 15개중 12개를 기구 가장자리에 원형으로 분포시키고 3개는 기구 중앙에 일직선으로 분포시킨 것 (Fig. 4.)에 대하여 기구를 PMMA phantom 위에 밀착시키고 phantom의 두께를 조절해 가면서 film을 이용하여 실시하였다(Fig. 5.).

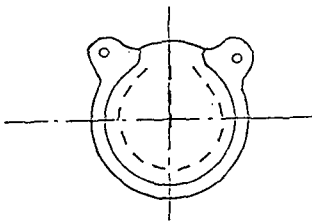


Fig. 4. Diagram of the plaque and seed distribution  
The plaque contains 15 seeds of Ir-192

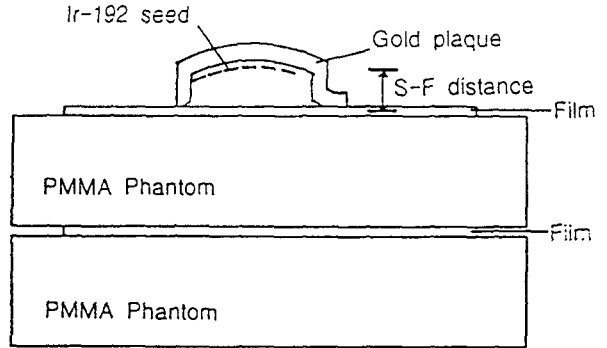


Fig. 5. Diagram of the phantom used for film measurements

Ir-192 seed에서부터 film까지의 거리는 seed 한 개를 삽입한 기구에서는 3.3mm~10mm까지 5개 지점에서 측정하였으며, seed 15개를 삽입한 기구에서는 3.3mm~20mm까지 7개 지점에서 측정하였다. 이들 각각의 거리는 물에 대한 PMMA의 0.38MeV 전자선 에너지 함수인 linear continuous-slowng-down range를 이용하여 물에서의 거리로 환산하였다<sup>2)</sup>.

조사시간은 H-D curve에서 비교적 정확한 선량을 구하기에 적합한 film 흑화도를 얻기 위해 30분에서 3시간까지 조절하였다.

기구와 수직인 중심축에서의 각각의 측정 거리에 대한 선량은 RFA-3 field analyzer system의 densitometer와 H-D curve를 이용하여 구하였으며, 각각의 방사선조사야에 대한 profile도 제작하였다.

Ir-192 seed 한 개를 삽입한 기구에 대한 선량측정 결과를 Gary Luxton 등<sup>10)</sup>의 컴퓨터 선량계산모델 및 원자력병원에서 보유하고 있는 Radiation treatment planning system(모델: CAP-PLAN, Capintec사 제품)의 선량계산모델의 결과와 비교하였으며, Ir-192 seed 15개를 삽입한 기구에 대한 선량측정 결과를 CAP-PLAN의 선량계산모델의 결과와 비교하였다.

가. Gary Luxton 등의 선량계산모델

$$D(r, x) = S \cdot A(r) \cdot F(\theta) \cdot \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{r} \times \{ \arctan((x+L/2)/r) - \arctan((x-L/2)/r) \}$$

단 $D(r, x)$	: dose rate(Gy/hr)
S	: seed strength, expressed as dose rate 1 cm transverse to the seed in water(Gy cm <sup>2</sup> /hr)
$\gamma$	: transverse distance from the seed center(cm)
L	: active length of the seed(cm)
x	: longitudinal distance from the center of the seed(cm)
A(r)	: the attenuation scatter factor for transverse distance
F( $\theta$ )	: anisotropy factor as a function of angle $\theta = \arctan( x /r)$

#### 나. CAP-PLAN의 선량계산모델

$$D(r) = \{A \cdot D_s \cdot g(r)\} / r^2$$

단 D(r)	: dose rate(cGy/hr)
A	: activity(mCi)
D <sub>s</sub>	: specific dose rate(cGy/mCi-hr at 1 cm)
g(r)	: radial dose function a third-order polynomial
r	: distance from the point source (cm)

## 2. 연구결과 및 고찰

안구내 악성종양에 대한 근접 방사선치료법의 연구에 사용될 기구의 개발을 위해 안구의 모델은 문헌 및 내원 환자들의 안구를 조사하여 25mm인 구형으로 결정하였다. 실험에 사용될 방사성동위원소는 형태, 반감기, 에너지 등을 고려하여 결정하여야 한다. 이들 조건을 가장 만족시키는 방사성동위원소로는 I-125가 있으나, 국내에서는 생산되지 않아 구입이 용이하지 않다. 따라서 이들 조건을 만족하면서도 국내에서 생산되어 구입이 용이한 Ir-192 seed를 사용하였다. Ir-192 seed는 이리튬 10%와 백금 90%인 합금에 0.1mm 두께의 백금으로 둘러싸여 있는 구조로 되어 있으며, 지름이 0.5mm이고 길이가 3

mm로 매우 소형이므로 기구에 여러 개를 분포시킬 수 있다. Ir-192의 반감기는 74.2 일로 저선량을 근접 방사선치료에 적당한 기간인 2~4일간의 방사선량 변화율은 3% 미만이다. Ir-192에서 방출되는  $\gamma$ -선의 평균 에너지는 0.38MeV로 비교적 낮아 종양 주변 정상 조직의 피폭선량 감소 및 기구에 의한 차폐 효과를 높이는데 유리하다.

제작된 세 가지 크기의 기구는 지름이 15mm, 17mm 및 20mm이었으며, 높이는 각각 5mm 및 5.5mm이었고, 두께는 각각 1.5mm 및 1.75mm이었다. 또한 시신경 주변 종양의 치료를 위한 기구들도 같은 크기로 제작되었다. 기구의 재질로 사용된 순금은 인체 조직과 생물학적인 반응을 보이지 않으며, 방사선 차폐 측면에서 Ir-192에서 방출되는  $\gamma$ -선의 평균 에너지 0.38MeV 대하여 근사적으로 계산한 결과 납에 비해 약 1.7배의 차폐 효과를 보여 기구의 크기를 줄이는데 유리하였다. 금으로 제작된 기구에 Ir-192 seed가 장착된 리본을 삽입하기 위한 applicator를 부착하여야 하나 일반적으로 사용되고 있는 접착제로는 불가능하였다. 따라서 치과용 resin을 이용하여 applicator를 부착하였다. 이 방법은 사용이 간편하며, resin이 경화된 후 가공이 가능하고, Ir-192 seed와 seed가 위치하는 바로 아래의 안구 표면 조직과의 간격을 어느 정도 유지시켜 이 부분에서의 급격한 선량 증가를 방지할 수 있는 장점이 있다.

실험에 사용된 총 15개 Ir-192 seed의 방사능은 well type ion chamber로 측정된 결과 총 방사능은 21.626mCi이었으며, seed 한 개당 평균 방사능은  $1.442 \pm 0.043$ mCi이었다(Table 1.).

안구의 근접 방사선치료법에 대한 선량 및 선량 분포 측정은 2~3cm 범위 내에서 mm단위로 실시하여야 하므로 기존의 ion chamber로는 불가능하여 TLD 및 film을 사용하였다.

Film 사용시 Co-60  $\gamma$ -선의 조사선량에 대한 film의 흑화도를 측정하여 정량적 선량측정에 사용할 H-D curve 및 회귀 3차 방정식을 작성하였다. 이 중 회귀 3차 방정식은 200cGy 이상 고선량 영역에서 잘 일치하지 않아 사용하지 않았고, 흑화도 측정시 film의 에너지에 따른 감도 변화는 고려하지 않았다.

Johns와 Cunningham에<sup>28)</sup> 의하면 200KeV 이상의 에너지를 갖는 광자에서는 film의 감도 변화가 거의 없

Table 1. Activity of Ir-192 seed sources

Source No.	Activity* (mCi)
1	1.444
2	1.454
3	1.429
4	1.464
5	1.498
6	1.401
7	1.401
8	1.488
9	1.436
10	1.463
11	1.383
12	1.438
13	1.378
14	1.416
15	1.533
Average	1.442 ± 0.043
Total	21.626

\* Measured with well type ion chamber (Model : Atomlab 44, CNMC)

Table 2. Transmission factor of Gold plaque (Thickness: 1.5mm) for Ir-192

Distance	Transmission factor	
	TLD	Film
Surface (1.5mm from the Ir-192 seed)	0.71	0.71
1.5mm (3mm from the Ir-192 seed)	0.45	0.49

는 것으로 되어 있다.

두께가 1.5mm인 기구의 Ir-192 seed에 대한 투과계수는 seed 1개에 대하여 TLD 및 Film을 이용하여 측정된 결과 기구 반대쪽 표면에서 TLD 및 film 모두에서 0.71이었으며, 표면에서 1.5mm 거리에서는 각각 0.45와 0.49로 나타났다. 이는 납의 반가층인 2.5mm 두께 이상에 상당한다. 기구 반대쪽 표면에서 투과계수가 0.71로 높게 나타난 것은 기구에서의 산란선에 의한 것으로 판단된다.

Ir-192 seed를 삽입한 기구에 대한 선량측정 결과

를 컴퓨터 선량계산모델들과 비교하기 위하여 기구에 수직인 중심축의 seed 분포면과 PMMA phantom내 측정점까지의 거리를 물에서의 거리로 환산하였다. 그 결과 seed 한 개를 사용한 것과 seed 15개를 사용한 것의 PMMA phantom내 측정 거리 3.3mm~10mm 및 3.3mm~20mm는 물에서 각각 3.6~13.36mm 및 3.6mm~27.44mm로 계산되었다.

seed 한 개를 삽입한 기구에 대한 수직 중심축에서 측정된 선량은 거리 역자승법칙에 1.3%~7.6%의 오차를 보였으며 거리가 멀어질수록 오차가 커졌다. 이 결과는 Ir-192에서 방출되는 선량은 거리 역자승법칙에 거의 일치한다는 Khan<sup>22</sup>의 계산결과와 약간의 차이를 보였다. 이 차이는 측정시 포장된 film들의 자체 두께를 고려하지 않아 생긴 것으로 판단된다.

또한 이들 측정된 선량을 Gary Luxton 등의 컴퓨터 선량계산모델 및 원자력병원에서 보유하고 있는 CAP-PLAN의 선량계산모델의 결과와 비교하여 각각 0.6%~11.3% 및 -1.4%~-8.6% 사이에서 잘 일치하였으며 거리가 멀어질수록 오차가 약간씩 증가하였다 (Fig. 6.).

거리가 멀어질수록 오차가 증가하는 이유도 앞에서 지적한 대로 측정시 포장된 film들의 자체 두께를 고려하지 않아 생긴 것으로 판단된다. 선량 비교 결과 최대 오차인 -11.3%를 거리로 환산하면 약 0.8mm로 계산되었다.

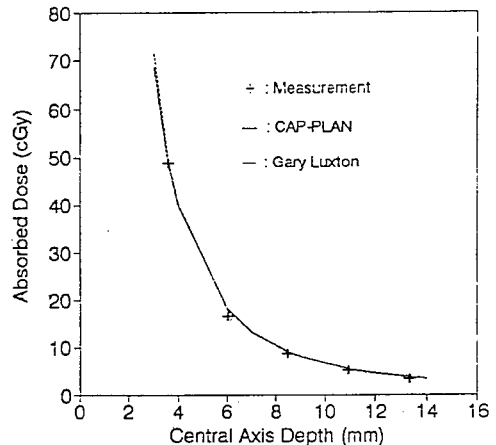


Fig. 6. Measured central axis dose for a plaque with 1 seed of Ir-192 compared with computer calculated values

Ir-192 seed 15개를 삽입한 기구의 수직 중심축에서 측정된 선량은 CAP-PLAN 선량계산모델 결과와 비교하여 9.3%~9.1% 사이에서 잘 일치하였다 (Fig. 7.).

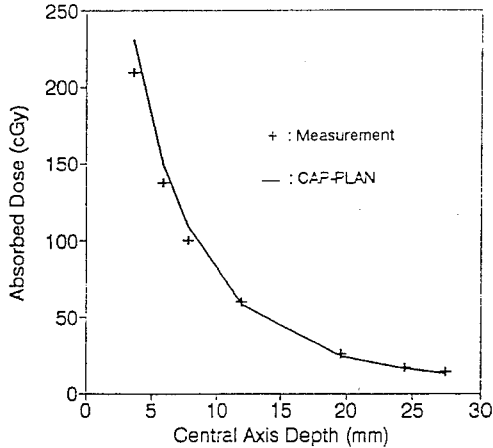


Fig. 7. Measured central axis dose for a plaque with 15 seeds of Ir-192 compared with computer calculated values

## 결론 및 건의사항

안구에 발생한 악성종양의 방사성동위원소를 이용한 근접 방사선 치료법을 시행하기 위해 안구내 종양의 크기 및 형태에 따른 적합한 기구들을 설계하고, 인체 조직과의 생물학적 반응 및 종양 주변 조직의 방사선 차폐를 고려하여 기구의 적당한 재질을 선택하며, 치료에 알맞은 방사성동위원소의 핵종을 선택하였다.

또한 기구의 방사선 투과계수 및 기구내 방사성동위원소의 분포에 따른 선량 및 선량분포를 측정하고, 이 측정 결과들을 컴퓨터 선량계산모델의 결과와 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 안구의 모델은 지름 25mm인 구형으로 결정하였으며, 근접 치료에 사용될 방사성동위원소는 크기, 반감기, 발생 방사선의 에너지 및 구입의 용이성 등을 고려하여 Ir-192가 가장 적합한 것으로 판단되었다.

2. 기구는 인체 조직과의 생물학적 반응 및 피폭 선량 차폐를 고려하여 순금으로 제작하였으며, 기구의 크기는 지름이 15mm, 17mm 및 20mm인 3종류

가 있었고, 두께는 1.5mm로 하였다. 또한 각각의 크기마다 시신경 주변의 치료를 위하여 별도의 기구를 제작하였다.

3. 기구의 방사선 투과계수를 TLD 및 Film으로 측정하여 기구의 Ir-192 seed가 놓여진 반대쪽 표면에서 모두 0.71, 표면의 1.5mm 거리에서 각각 0.45, 0.49이었다.

4. Ir-192가 삽입된 기구의 선량분포 측정은 Film을 이용하였다. 측정 결과를 Gary Luxton 등의 컴퓨터 선량계산모델 및 원자력병원에서 보유하고 있는 방사선 치료계획장치인 CAP-PLAN의 선량계산모델의 계산 결과와 비교하여, 흡수선량은  $\pm 10\%$  이내에서 거리로는 0.4mm 이내에서 대부분 일치하였다. 최대 오차는 각각 -11.3% 및 0.8mm로 나타났다.

이상의 결과들로부터 안구의 악성종양에 대한 치료에 있어서 기존의 치료법인 적출술 및 외부 방사선치료법의 단점들을 줄이면서 치료 효과를 높일 수 있는 근접 방사선 치료법을 새로 개발한 금으로 된 기구와 Ir-192 seed를 이용하여 시행할 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCE

1. Markoe AM, Brady LW, Karlsson UL, et al. Eye. In: Perez CA, Brady LW, eds. Principles and Practice of Radiation Oncology. 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott 1992: 595-609.
2. Chiu-Tsau ST. Brachytherapy of Melanoma. In: Hilaris BS, Nori D, Anderson LL, eds. New York, NY: Macmillan 1988: 304-310.
3. Albert DM, Earle JD, Sahel JA. Intraocular Melanomas. In: DeVita VT, Hellman S, Rosenberg SA eds. Cancer Principles and Practice of Oncology. 3rd ed. Philadelphia, PA: Lippincott 1989: 1543-1556.
4. Shields JA, Shields CL. Intraocular Tumors: A Text and Atlas. Philadelphia, PA: Saunders 1992: 25-43.
5. Tapley ND. Retinoblastoma. In: Fletcher GH, ed. Textbook of Radiotherapy. 3rd ed. Philadelphia, PA: Lea & Febiger 1980: 499-509.

6. **Lederman M.** Radiotherapy in Eye Disease. In : Fletcher GH. ed. Textbook of Radiotherapy. 3rd ed. Philadelphia, PA : Lea & Febiger 1980 : 509-526.
7. **Weiss DR, Cassady JR, Petersen R.** Retinoblastoma : A Modification in Radiation Therapy Technique. Radiology 1975 : 114 : 705-708.
8. **Armstrong DI.** The Use of 4-6 MeV Electrons for the Conservative Treatment of Retinoblastoma. Br J Radiol. 1974 : 47 : 326-331.
9. **Dobbs J, Barrett A.** Practical Radiotherapy Planning. London : Edward Arnold 1985 : 74-81.
10. **Bentel GC, Nelson CE, Noell KT.** Treatment Planning & Dose Calculation in Radiation Oncology. 3rd ed. New York, NY : Pergamon 1982 : 218-221.
11. **Saunders WM, Char DH, Quivey JM, et al.** Precision, High Dose Radiotherapy : Helium Ion Treatment of Uveal Melanoma. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1985 : 11 : 227-233.
12. **Linstadt D, Char DH, Castro JR, et al.** Vision Following Ion Radiotherapy of Uveal Melanoma : A Northern California Oncology Group Study. Int J Radiat Biol Phys. 1988 : 15 : 347-352.
13. **Munzenrider Je, Gragoudas ES, Seddon JM, et al.** Conservative Treatment of Uveal Melanoma : Probability of Eye Retention after Proton Treatment Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1988 : 15 : 553-558.
14. **Kindy-Degnan NA, Char DH, Castro JR, et al.** Effect of Various Doses of Radiation for Uveal Melanoma on Regression, Visual Acuity, Complications, and Survival. Am J Ophthalmol. 1989 : 107 : 114-120.
15. **Stallard HB.** Radiotherapy for Malignant Melanoma of The Choroid. Br J Ophthalmol. 1966 : 50 : 147-155.
16. **Brady LW, Shields JA, Augsburger JJ, et al.** Malignant Intraocular Tumors. Cancer 1982 : 49 : 578-585.
17. **Packer S, Rotman M.** Radiotherapy of Choroidal Melanoma with Iodine-125. Ophthalmology 1980 : 87 : 582-590.
18. **Luxton G, Astrahan MA, Liggett PE, et al.** Dosimetric Calculations and Measurements of Gold Plaque Ophthalmic Irradiators Using Iridium-192 and Iodine-125 seeds. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1988 : 15 : 167-176.
19. **Markoe AM, Brady LW, Shields JA, et al.** Malignant Melanoma of the Eye : Treatment of Posterior Uveal Lesions by Co-60 Plaque Radiotherapy versus Enucleation. Radiology 1985 : 156 : 801-803.
20. **Bosworth JL, Packer S, Rotman MR, et al.** Choroidal Melanoma : I-125 Plaque Therapy. Radiology 1988 : 169 : 249-251.
21. **Muller RP, Busse H, Potter R, et al.** Results of High Dose 106-Ruthenium Irradiation of Choroidal Melanomas. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1986 : 12 : 1749-1755.
22. **Shields JA, Shields CL.** Intraocular Tumors : A Text and Atlas. Philadelphia, PA : Saunders 1992 : 1-10.
23. **Khan FM.** The physics of radiation therapy. 2nd ed. Baltimore : Williams & Wilkins 1994 : 418-473.
24. **Johns HE, Cunningham JR.** The physics of radiology. 4th ed. Springfield, III : Charles C Thomas 1983 : 453-497.
25. **Godden TJ.** Physical Aspects of Brachytherapy. Medical Physics Handbooks 19. Bristol : 1988 : 27-40.
26. **Hilaris BS, Nori D, Anderson LL.** Brachytherapy of Melanoma. In : Hilaris BS, Nori D, Anderson LL. eds. New York, NY : Macmillan 1988 : 1-27.
27. **한국의학물리학회 : 방사선량의 표준측정법.** 1990 : 13-20.
28. **Johns HE, Cunningham JR.** The physics of radiology. 4th ed. Springfield, III : Charles C Thomas 1983 : 290-335.



=요 약 문=

## 안구내 악성종양에 대한 저준위 방사선요법에 관한 연구

원자력병원 치료방사선과

지광수 · 유대현 · 이성구 · 김재휴 · 지영훈

### 연구의 목적 및 중요성

안구에 발생하는 악성종양의 치료에 일반적으로 사용되는 적출술이나 외부 방사선치료법은 시력상실 및 충분한 종양선량을 얻을 수 없는 단점이 있다. 최근 들어 기존치료법의 단점들을 줄이면서 치료 효과를 높이기 위한 치료법으로서 방사성동위원소가 삽입된 기구를 이용한 근접 방사선요법이 외국에서 개발되어 시행되고 있다. 본 연구에서는 안구내 악성종양의 새로운 치료법인 근접 방사선요법을 시행하기 위하여 적합한 형태의 기구를 개발하고, 기구에서 방출되는 방사선의 선량 및 선량분포측정을 통하여 종양 및 주변조직에 분포되는 선량을 보다 정확하게 계산해 보고자 하였다.

### 연구의 내용 및 범위

안구내 악성종양의 치료를 위한 근접 방사선요법의 연구를 위하여,

1. 안구의 모델을 결정하고, 적당한 방사성동위원소를 선택하였으며,
2. 적합한 형태의 기구를 설계 및 제작하고,
3. 제작된 기구의 방사선 투과계수 및 기구에서 방출되는 방사선의 선량분포를 측정하였으며,
4. 이들 측정 결과와 기존의 컴퓨터 선량계산모델들의 계산 결과와 비교하였다.

### 연구 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 안구의 모델은 지름 25mm인 구형으로 결정하였으며, 근접 치료에 사용될 방사성동위원소는 크기, 반감기, 발생 방사선의 에너지 및 구입의 용이성 등을 고려하여 Ir-192가 가장 적합한 것으로 판단되었다.
2. 기구는 인체 조직과의 생물학적 반응 및 피폭 선량 차폐를 고려하여 순금으로 제작하였으며, 기구의 크기는 지름이 15mm, 17mm 및 20mm인 3종류로 하였고, 두께는 모두 1.5mm로 하였다.
3. 기구의 방사선 투과계수를 TLD 및 Film으로 측정한 결과 표면에서 모두 0.71, 표면의 1.5mm거리에서 각각 0.45, 0.49이었다.
4. Ir-192가 삽입된 기구의 선량분포 측정 결과를 Gary Luxton 등의 컴퓨터 선량계산모델 및 원자력병원에서 보유하고 있는 방사선 치료계획장치인 CAP-PLAN의 선량계산모델의 계산 결과와 비교하여, 흡수선량은  $\pm 10\%$  이내에서 거리로는 0.4mm 이내에서 대부분 일치하였다. 최대 오차는 각각 11.3% 및 0.8mm로 나타났다.

이상의 결과들로부터 새로 개발한 금으로 된 기구와 Ir-192 seed를 이용한 근접 방사선 치료법으로 안구의 악성종양에 대한 치료를 보다 효과적으로 시행할 수 있을 것으로 기대된다.