

## Development of Phantom for Evaluate the Suitability of Ir-192 HDR Source with Brachytherapy Tools

Kyo Chul Shin\*, Sang Gyu Choi\*, Ki Hwan Kim<sup>†</sup>,  
Kwang Jae Son<sup>‡</sup>, Dong Hyeok Jeong<sup>§</sup>, Jeung Kee Kim<sup>§</sup>

Department of Radiation Oncology, \*Dankook University Hospital, Cheonan, <sup>†</sup>Chungnam National University Hospital, <sup>‡</sup>Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, <sup>§</sup>Dongnam Institute of Radiological and Medical Sciences, Busan, Korea

Applicator of various kind of number ten kinds is used to raise from efficiency of brachytherapy to maximum. The compatibility of radiation source and applicator is very important subject for safety brachytherapy. Developed high dose rate brachytherapy source through Hanaro nuclear reactor in Korea Atomic Energy Research Institute and improve compatibility with using equipment in present. In this research, we wished to evaluate stability mechanical safety of radiation source and we developed phantom for evaluate several quality about Ir-192 sealed source that improve newly in Korea Atomic Energy Research Institute and is improved. The result for suitability of Ir-192 HDR source with brachytherapy tools that did normal operation in 2.2~2.7 cm extent about change of equal curvature and consider change of sudden curvature that did normal operation in radius 1.5~1.8 cm extent.

**Key Words:** Ir-192 source, HDR, Brachytherapy, Mechanical safety

### 서 론

방사선치료는 암을 정복하기 위한 하나의 중요한 치료 방법이 되었다. 요즘 방사선치료기기와 기술의 발달로 방사선치료는 부작용을 최소화하면서 치료의 효율을 높여가고 있다. 방사선치료의 기법은 잘 알려진 바와 같이 방사선의 전달방식에 따라서 방사선원이 외부에서 환자의 몸을 통과하여 종양에 도달하는 외부방사선치료와 종양에 가까이 근접하여 방사선을 발생시키는 근접방사선치료로 나눌 수 있다. 근접방사선치료는 거리에 따라 제공에 비례하여 방사선선량이 감소하는 특성을 활용하여 치료하고자 하는 종양에는 최대의 방사선 선량을 전달하고 주변의 정상조직에는 최소의 방사선 선량을 전달하므로 부작용을 최소화할 수 있다.<sup>1)</sup> 더욱이 해부학적으로 공동의 형태를 이루고 있는

자궁경부암이나 식도암 같은 경우에는 매우 적합한 치료기법이다. 근접방사선치료의 효율을 최대 높이기 위해서는 Fig. 1과 같이 수십종의 다양한 종류(Cervix, Endometrium, Syed Template, Vaginal etc.)의 어플리케이션이 이용된다. 방사선 선원의 호환성은 매우 중요한 과제이다.

한국원자력연구소(Korea Atomic Energy Research Institute: KAERI)에서 2007년 하나로 원자로를 통하여 고선량을 근접치료용 선원을 개발하였고 현재 기존의 상용화 중에 있는 장비(Micro selectron, Nuclotron and Gammamed etc.)와 호환성을 개선해 나가고 있다. 본 연구에서는 국내에서

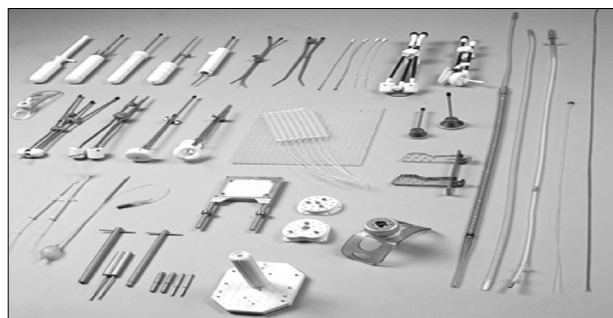


Fig. 1. Applicators for brachytherapy.

본 연구는 2012년 한국원자력연구원 원자력연구개발사업의 지원에 의하여 수행되었음(2012M2B2A4030186).

이 논문은 2013년 8월 12일 접수하여 2013년 9월 3일 채택되었음.

책임저자 : 신교철, (330-715) 충남 천안시 안서동 16-5

단국대학교병원 방사선종양학과

Tel: 041)550-6936, Fax: 041)550-6955

E-mail: kcshin8@naver.com

생산된 고선량 Ir-192선원의 임상기기 어플리케이션과의 호환성을 평가하기 위한 팬텀을 개발하고 분석하였다.<sup>2,3)</sup>

### 대상 및 방법

#### 1. 굴곡시험을 위한 팬텀

근접방사선 치료를 위해서는 종양의 위치에 방사선원을 접근시키기 위해서는 여러 가지 어플리케이션(Cervix, Endometrium, Vaginal etc.)을 사용하게 된다. 또한, 그 종류도 종양의 위치와 모양에 따라서 매우 다양하다. 그리고 종양에 적합한 방사선량의 분포를 위해서 사용하는 선원은 굴곡을 가져야 한다. 사용할 근접방사선치료기의 방사선원의 가능한 굴곡정도를 잘 알고 있으면 종양에 최적의 선량분포를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 먼저 근접치료에 사용되는 어플리케이션과 같이 굴곡을 갖게 팬텀을 만들고 각

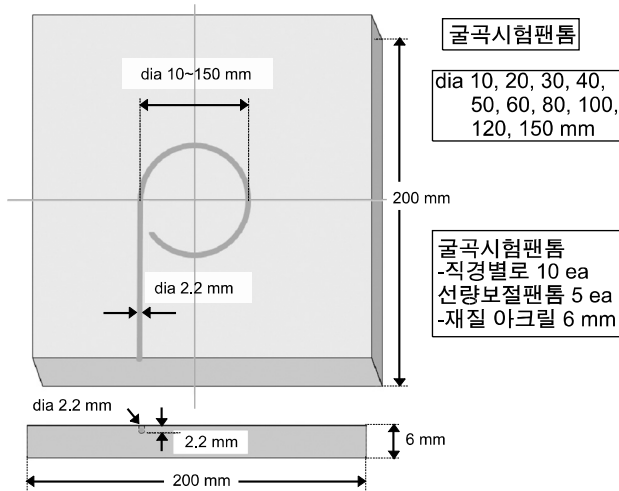


Fig. 2. Design of phantom for curvature test.

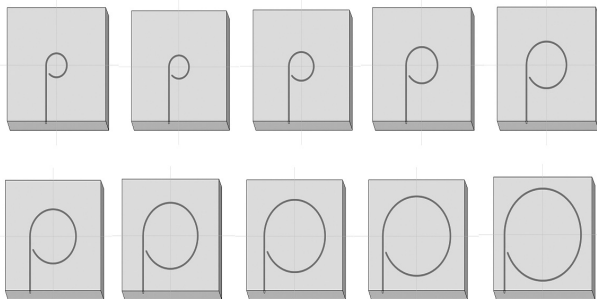


Fig. 3. Phantom which is designed to find optimum condition (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 cm).

각의 경우에 한국원자력연구원에서 새로이 만든 근접치료기 모의 소스(Ir-192 dummy source, 1.1 mm in diameter, 커넥터 STS-316L, 연결 스프링 STS-304)의 기기적 안정성과 성능을 시험하였다.

기본적인 굴곡 시험을 위한 팬텀은 Fig. 2와 같이 아크릴 판 위에 근접치료용 어플리케이션을 설치할 수 있게 제작하였다.

굴곡시험용 팬텀은 최적의 동작조건과 성능을 평가하기

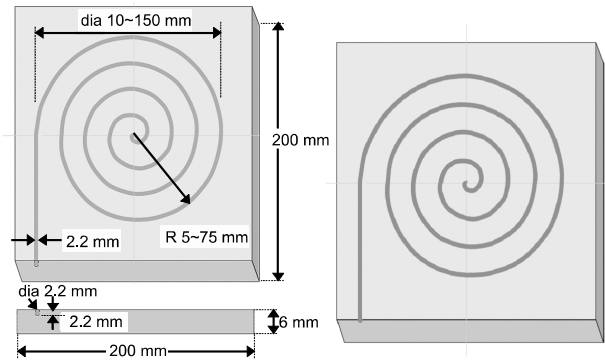


Fig. 4. Design of phantom that 2 mm applicator is installed for compatibility estimation with applicator.

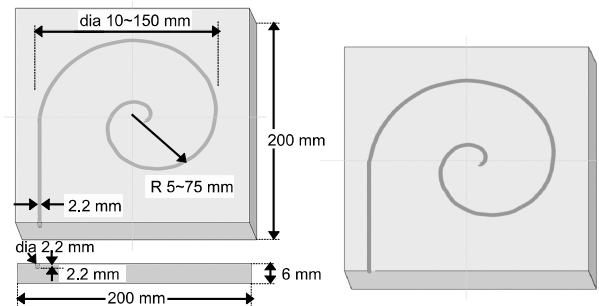


Fig. 5. Design of phantom for flexibility testing.

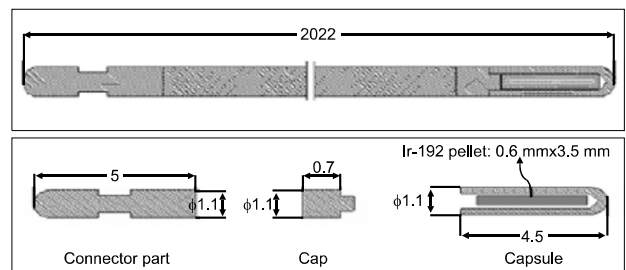


Fig. 6. Design of Ir-192 HDR source developed by KAERI (1.1 mm in diameter).

위해 Fig. 3과 같이 어플리케이터의 굴곡의 직경이 최소 1에서 최대 15 cm 까지 10가지의 경우를 고려하였다.

기존에 사용중이던 근접방사선치료용 어플리케이터의 경우 다양한 곡률과 모양을 지니고 있다. 이와 같은 어플리케이터와의 호환성을 평가하기 위해 Fig. 4, 5와 같이 곡률의 변화와 선원에 전달되는 힘의 변화에 적합성을 평가할 수 있는 팬텀을 설계하였다. 평가에 사용된 선원은 한국원자력연구원에서 개발한 Ir-192 모의 선원이며 Fig. 6과 같이 상용화되고 있는 근접치료기와 호환이 가능한 선원이다.

평가용 팬텀은 직경이 1~15 cm까지 일정비율로 변화하는 팬텀과 급격하게 곡률의 변화를 갖는 팬텀을 설계하였다.<sup>4,6)</sup> 근접치료용 어플리케이터와 선원의 적합성 평가는 어플리케이터의 끝점 까지 정상적으로 도달하는가와 도달점 까지 5 mm 간격으로 멀물게 하고 원격조정 기기에 표시되는 전체 시간을 읽는 방법으로 곡률의 변화에 따른 시간의 오차를 확인하였다.

**결 과**

한국원자력연구원에서 새로이 개발된 근접치료용 Ir-192 선원의 기기적 안정성과 성능시험 결과는 Table 1과 같이 어플리케이터의 굴곡이 어플리케이터의 굴곡정도가 직경 5 cm 이상인 범위의 정도에서는 정상적으로 작동하였으며 선원의 이동 속도에도 영향을 미치지 않았다. 그러나 최적과 최대의 굴곡시험에서는 직경 6 cm 이하의 경우부터 선원의 위치에 대한 시간 지연 오차가 약간 증가하는 경향을 보이고 직경 4 cm 이하의 곡률을 갖는 경우에 대하여서는

Table 1. Operation results and dwell time error in source loading.

Diameter of applicator (cm)	Operation	Dwell time error (sec)	
		End point	Dwell points 5 mm
1	X	Impossible	Impossible
2	X	Impossible	Impossible
3	X	Impossible	Impossible
4	O	<0.2	<0.2
5	O	<0.15	<0.2
6	O	<0.15	<0.2
8	O	<0.1	<0.1
10	O	<0.1	<0.1
12	O	<0.1	<0.1
15	O	<0.1	<0.1

정상적으로 동작하지 못해서 응급 소스 전환의 경우도 발생하였다.

설계된 근접치료기 선원의 굴곡시험 팬텀은 Fig. 7과 같이 함께 결합하여 근접치료의 다양한 채널에 대하여 동시에 시험이 가능할 수 있음을 보였다.<sup>7)</sup>

다양한 근접치료용 어플리케이터와 선원의 적합성 결과는 Fig. 7과 같이 일정비율 곡률의 변화에 대해서는 직경 4.4~5.4 cm 범위에서 정상작동하였고 급격한 힘의 변화를 고려한 경우에는 직경 3~3.6 cm 범위에서 정상작동할 수 있음을 확인하였다.

또한, 어플리케이터의 모양변화에 따른 선원의 머무름 시간 오차의 평가에서는 Table 2와 같이 선원이 도달 가능한 점까지 에서는 거의 변화가 없어 보인다.

**고 찰**

근접방사선치료는 선원을 종양에 가까이 접근시켜 치료하고자 하는 종양에는 최대의 방사선량을 전달하고 주변의 정상조직에는 최소의 방사선량을 전달하므로 부작용을 최

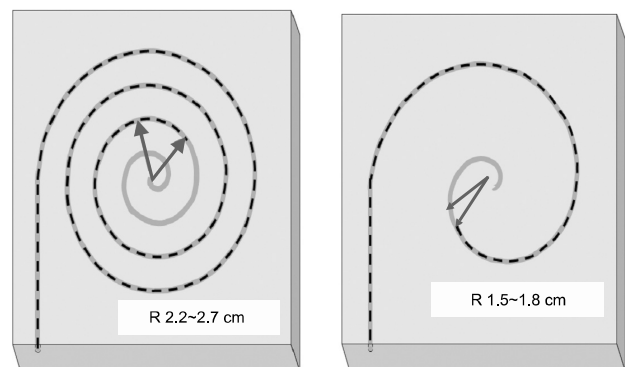


Fig. 7. Test of source loading in constant or steep variation of curvature.

Table 2. Dwell time error as a function of curvature radius.

Operation conditions in curvature radius (cm)	Dwell time error (sec)	
	End point	Dwell points 5 mm
Constant variation of curvature	2.2~2.7	<0.15, <0.2
Steep variation of curvature	1.5~1.8	<0.1, <0.15

소화할 수 있다. 그러한 면에서 계속 발전해야 함에도 우리나라의 경우는 근접방사선치료의 시행이 줄어들고 있고 현재는 몇몇 기관에서만 시행 중에 있다. 이와 같은 이유는 방사선선원을 전량 수입에 의존하기 때문에 경제적인 문제와 맞닿게 되게 때문이다. 다행히 한국원자력연구소(Korea Atomic Energy Research Institute: KAERI)에서 하나로(HANARO) 원자로를 통하여 고선량을 근접치료용 선원이 개발되었고 완성단계에 있다. 연구결과 개발된 국내 선원은 현재 사용중에 있는 기존장비와의 호환성에는 문제가 없으나 기존 기기회사의 지원 어려움으로 인해 국내 선원의 사용에 어려움이 발생된다. 따라서 근접치료기기 자체의 국산화가 이루어지기전까지는 국내의 고선량을 방사선 선원을 사용이 원활하지 않은 것으로 보인다. 현재 근접치료기기의 국산화 개발의 시도도 다시 계획되고 있으며 이에 맞추어 개발된 근접치료용 선원의 업그레이드도 꾸준히 연구되고 시험되어야 할 것으로 보인다. 이에 본 연구에서는 한국원자력연구소에서 새로이 개발한 Ir-192 밀봉선원을 보급화 확장에 기초적인 자료로 활용될 몇몇 특성을 평가하기 위한 팬텀을 개발하고 개선된 방사선 선원의 기기적 안정성을 평가하고자 하였다. 본 논문에서는 기존의 수입산 선원의 기기적 안정성은 표시 하지 않았다.

## 결 론

근접방사선치료를 위해 사용되는 방사선원은 그 크기가 작고 종양의 다양한 모양과 위치에 안정적으로 도달될 수 있어야 한다. 이와 같은 기기적 안정성을 평가하기 위해 본 연구에서 설계 고안된 기기적 안정성 평가 팬텀은 선원의 굴곡의 최적 조건을 평가하는데 유효하다고 생각된다. 한

국원자력연구원에서 새로이 개발된 근접치료용 Ir-192 선원의 기기적 안정성시험결 기존의 사용되어지는 수입품 선원과 대체되어도 기기적 안정성에 차이가 없음을 확인할 수 있었다.<sup>8,9)</sup>

한국원자력연구원에서 새로이 개발된 국내산 선원은 일반적으로 사용되는 다양한 종류의 근접치료용 어플리케이션에 사용이 적합함은 물론 최적의 치료를 위해서 좀 더 심한 곡률의 변화에도 이용할 수 있음을 보여 준다.

## 참 고 문 헌

1. **AAPM Task Group 41**: Remote afterloading technology. American association of physicist in medicine (Report 41), New York (1993)
2. **IAEA TECDOC 1274**: Calibration of photon and beta ray-sources used in brachytherapy, International atomic energy agency, Vienna (2002)
3. **Radiation Protection - Sealed radioactive source - General requirement and classification**, ISO-2919:1999(E)
4. **Dimos B, Konstantina G, Dipl J**: Comparison of calibration procedures for High dose rate brachytherapy sources. Int J Radit Oncol Biol Phys 43(3):653-661 (1999)
5. **IAEA TECDOC-1079**: Calibration of brachytherapy source, International Atomic Energy Agency, Vienna, MD (1999)
6. **ICRU Report 24**: Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of x- or gamma-rays in radiotherapy procedures, International Commission in Radiation Units and Measurements (1976)
7. **손광재, 정동혁**: 국산 근접치료용 Ir-192 선원의 개발 및 실용화 동향. Progress in Medical Physics 23(4):326-332 (2012)
8. **정동혁, 이강규, 김수곤, 문성록**: 한국원자력연구소에서 개발한 Ir-192 선원의 감마메드치료기 호환성 연구. 의학물리 21(1):78-85 (2010)
9. **한현수, 조영갑, 조운갑, 박을재, 최태진**: 의료용 Ir-192 강내 조사선원 개발. 동위원소회보 15(2):27-42 (2000)

## 근접치료용 하나로 생산 Ir-192 선원의 임상기기 적합성평가용 팬텀개발

\*단국대학교병원, †충남대학교병원, ‡한국원자력연구원, §동남권원자력의학원 방사선종양학과

신교철\* · 최상규\* · 김기환† · 손광재† · 정동혁§ · 김정기§

본 연구에서는 한국원자력연구원(KAERI)에서 하나로(HANARO) 원자로를 통하여 새로이 개발한 근접치료용 Ir-192 선원의 기기적 안정성과 기존에 사용되는 근접치료기와의 호환성을 평가하기 위한 팬텀을 개발하고 임상기기 적합성 평가를 실험하였다. 다양한 근접치료용 어플리케이션과 선원의 적합성 결과는 일정한 비율의 곡률의 변화에 대해서는 반경 2.2~2.7 cm 범위에서 정상작동 하였고 급격한 힘의 변화를 고려한 경우에는 반경 1.5~1.8 cm 범위에서 정상작동 할 수 있음을 확인하였다. 어플리케이션의 모양변화에 따른 선원의 머무름 시간 오차의 평가에서는 선원이 도달 가능한 점까지에서는 거의 변화가 없어 보였다. 근접방사선치료를 위해 사용되어지는 방사선 선원은 그 크기가 작고 종양의 다양한 모양과 위치에 안정적으로 도달될 수 있어야 한다. 이와 같은 기기적 안정성을 평가하기 위해 본 연구에서 설계 고안된 기기적 안정성 평가 팬텀은 선원의 굴곡의 최적 조건을 평가하는데 유효하다고 생각되며, 한국원자력연구원에서 개발된 근접치료용 Ir-192 선원의 기기적 안정성시험결과 기존의 사용되어지는 수입산 선원과 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

---

**중심단어:** 이리듐-192, HDR, 근접방사선치료, 기기적안정성