▸원 저◂

ISSN 1226-2854

Paraffin을 이용한 Thyroid Phantom제작에 따른 유용성에 관한 연구

—A study on the Effectivness of Hand-made Paraffin Thyroid Phantom—

동남보건대학 방사선과

박성옥 · 이인자

— 국문초록 —

방사성의약품을 이용한 핵의학적 영상기록에 있어 장기가 함유하고 있는 정보량을 최대한 묘출시켜 양질의 진단정보를 제공해야 한다는 것은 매우 중요하다. 그것을 위한 기술적인 문제를 비롯하여 장비성능의 유지관리에 많은 노력을 기울이고 있으며, 다양한 종류로 상업화되어 이용되고 있는 우수한 phantom들이 사용되고 있다.

본 연구에서 인체의 연부조직과 매우 흡사한 물리적 조건을 가지고 있으며 구입하기 쉬운 Paraffin을 이용하여 기존에 사용되고 있는 acryl thyroid phantom과 동일하게 paraffin phantom을 제작하였으며, 판매되고 있는 acryl thyroid phantom에서 측정할 수 있는 것 보다 더 높은 분해능을 측정할 수 있도록 작은 3 mm와 6 mm 직경의 cold area를 삽입한 paraffin thyroid phantom을 수작업으로 제작하였다. 방사성의약품 $^{99m}TcO_4$를 이용하고 pinhole collimator를 이용하여 상업화되어 사용되고 있는 acryl thyroid phantom과 본 연구를 위하여 제작한 paraffin thyroid phantom의 특성을 비교 분석한 결과 paraffin을 이용한 phantom도 상업화되어 사용 중인 acryl thyroid phantom과 동일한 물리적 특성을 유지하고, 오히려 분해능이 높은 부분을 측정할 수 있고 연부조직의 특성을 연구할 수 있는 등가물질로서 구입하기 쉽고 제작이 수월한 장점을 비롯하여 경제성이 있음을 증명하는 계기가 되었다.

중심 단어 : acryl thyroid phantom, paraffin thyroid phantom, 공간분해능, 경제성

Ⅰ. 서 론

핵의학 영상기록에 있어 장비의 성능검사는 양질의 진단정보를 제공하기위하여 반드시 주기적으로 점검되어야 하며 이상 발견 시 적당하게 교정된 후 환자에 대한 검사가 이루어져야만 한다. 각각의 여러 종류의 phantom은 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 반드시 필요하지만 가격은 물론 상품의 희귀성 등에 의한 이유로 구입이 수월하지 않은 경우도 있다.

Phantom의 종류도 다양하지만 측정목적에 따라 모양이나 재질이 다르며 특히 인체의 장기를 대신하여 사용할 경우 반드시 인체장기조직과 유사한 등가물질을 사용해야 한다.

갑상선 phantom으로 IAEA neck phantom 또는 thyroid phantom 등의 경우 주로 acryl 성분으로 만들어져 있으며[1], 경제적인 면에서도 phantom의 활용시간에 대한 비용효과 분석적인 측면으로 비교적 가격이 비싼 편이다.

본 연구에서는 비교적 가격이 저렴하여 구입이 수월하고 X-선과 물질과의 상호작용에 있어 특히 인체의 연부조

* 이 논문은 2007년 6월 28일 접수되어 2007년 8월 24일 채택 됨.
책임저자 : 박성옥, (440-714) 경기도 수원시 장안구 정자동 937
동남보건대학 방사선과
TEL : 031-249-6402, FAX : 031-249-6400
E-mail : sopark@dongnam.ac.kr

직(soft tissue)과 등가물질로 이용되고 있는 paraffin을 이용하여 현재 상업적으로 활용되고 있는 acryl thyroid phantom과 동일한 모형으로 제작하였다. Paraffin thyroid phantom 내에는 acryl thyroid phantom 보다 직경이 작은 3 mm, 6 mm 직경의 cold와 hot area를 만들어 더 높은 공간 분해능(spatial resolution)을 측정할 수 있도록 하여 최근의 높은 분해능을 가지고 있는 장비에서도 활용가능성에 대하여 평가하였다.

방사성의약품 $^{99m}TcO_4$를 사용하고 pinhole collimator를 이용하여 acryl thyroid phantom과 paraffin thyroid phantom에 대한 측정거리에 따른 감도변화와 공간분해능변화에 대하여 동일한 조건으로 측정한 결과에 대하여 두 phantom 간의 차이점을 비교 분석하고 paraffin 물질을 이용한 thyroid phantom 활용성에서의 타당성을 연구 검토하고 그 유용성을 증명하였다.

Ⅱ. 장치 및 방법

1. 장치

1) Gamma camera, GE millenium VG(USA)
2) Pin hole collimator(General purpose)
   pinhole diameter : 4 mm
   collimator length : 100 mm
3) 방사성 의약품 : $^{99m}TcO_4$ – 10 mCi
4) Phantom : 상용 acryl thyroid phantom(10.3×10.3×3 cm).
   제작 paraffin thyroid phantom(10.3×10.3×3 cm).

2. Paraffin thyroid phantom의 제작

시중에서 판매되고 있는 paraffin을 이용하여 acryl thyroid phantom의 크기와 모양 그리고 직경 10 mm의 cold area와 hot area의 배치를 동일하게 하였고, 6 mm와 3 mm의 cold와 hot는 새롭게 제작하여 Fig. 1-B와 같이 배치시켰다.

3. 실험방법

1) 방사성의약품 $^{99m}TcO_4$ – 10 mCi를 생리식염수 25 cc와 혼합하여 상용화된 acryl thyroid phantom과 제작한 paraffin thyroid phantom내에 각각 균등하게 분포되도록 주입하고 분해능이 높은 영상을 얻기 위하여 Pin hole collimator를 이용하여 512×512 matrix로 10 sec간 계수측정 하고, 영상을 기록하였다.

2) 각각의 phantom 표면과 collimator 간의 거리를 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 cm으로 점차 증가시켜 10 sec간 계수측정하고 영상을 기록하여 감도의 변화, 잡음의 분포 그리고 공간 분해능의 변화를 비교하였다.

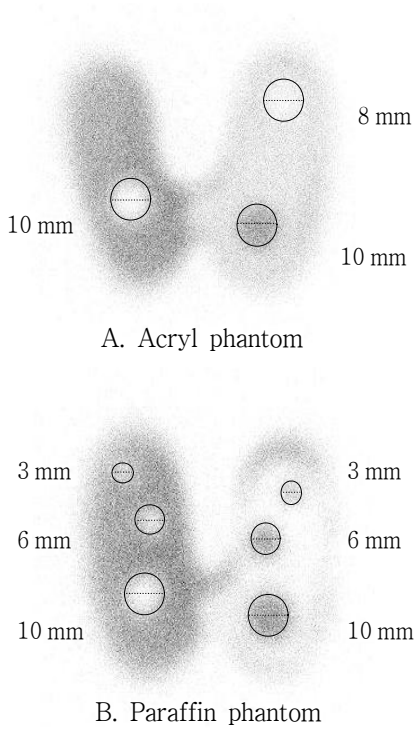


Fig. 1. Distribution of cold and hot area in commercial acryl thyroid phantom(A) and hand-made paraffin thyroid phantom(B)

4. 분석방법

1) Collimator와 phantom간 거리변화에 따른 감도의 변화를 측정하기 위해 thyroid phantom의 총 방사능을 측정하였으며, 이때 후방방사능(BKG)의 변화를 측정하여 각 계수치에서 제거하였다.

2) 거리변화에 따른 잡음(noise)의 변화를 알기 위해 각각의 thyroid phantom 내 10 mm 직경의 cold와 hot 부위영상에서의 농도분포를 측정하였다.

3) 거리변화에 따른 공간분해능의 변화를 알기위해 각각의 thyroid phantom 내에 cold와 hot 부위에서 거리변화에 대한 농도변화를 graph로 작성하여 반치폭(FWHM)을 측정하여 분해능이 가장 우수한 영상을 기록할 수 있

는 거리를 정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 감도변화의 비교

각각의 thyroid phantom과 pinhole collimator 간 거리변화에 따른 계수변화는 일반적인 특성과 같이 거리가 증가할수록 측정계수율은 감소되었다. 즉 측정거리 변화에 따라 계수율을 비교한 결과 Table 1에서와 같이 phantom과 collimator 간의 가장 가까운 거리 2 cm에서의 측정된 계수율을 각각 100%로 기준할 경우, 거리를 증가할수록 계수율은 감소하여 6 cm의 거리에서 acryl과 paraffin phantom의 계수가 47.0%와 47.8%가 계수측정되었고, 8 cm에서는 34.9%와 35.1%로 그리고 10 cm 거리에서는 30%와 27%로 각각 감소되어 측정되었다. 이것은 선원과 검출기간의 거리역자승법칙에 의한 감소와 collimator의 기하학적 특성에 의한 변화의 결과로 판단된다[2].

Fig. 2는 phantom과 collimator간 거리변화에 따른 총계수율의 변화를 나타내고 있다.

각 thyroid phantom에서 측정된 배후방사능(BKG)량도 측정거리의 증가에 따라 감소하였으며 그 변화는 Fig. 3과 같다.

그러나 각각의 phantom에서 측정된 총계수에 대한 후방방사능(BKG)이 차지하고 있는 비율은 측정 거리 증가에 따라 증가하고 있다. 즉 acryl thyroid phantom에서 collimator 간의 거리 증가에 따라 전체 계수에 대한 후방방사능이 차지하고 있는 비율은 2 cm에서 1.32%, 4 cm에서 1.65%, 6 cm에서는 1.84%, 8 cm에서는 2.0% 그리고 10 cm에서는 2,18%로 증가되었으며, Paraffin phantom에서도 2 cm에서 1.35%, 4 cm는 1.65%, 6 cm는 1.75%, 8 cm에서는 1.95%, 그리고 10 cm에서는 2.1%로 거리의 증가에 따라 증가되었다(Fig. 4).

Table 1. Variation of counts according to distance beweent thyroid and pinhole collimator

a. acryl thyroid phantom

Distance (cm)	Total count (%)	only thyroid 계수율(%)	BKG 계수율 (%)	BKG/ Total(%)
2	462527 (100)	453332 (100)	6105 (100)	1.32
3	378288 (81.8)	372923 (82.3)	5365 (87.9)	1.42
4	308887 (66.8)	303803 (67.0)	5084 (83.3)	1.65
5	259772 (56.2)	255403 (56.3)	4369 (71.6)	1.68
6	217776 (47.0)	213762 (47.2)	4014 (65.7)	1.84
7	188065 (40.7)	184404 (40.7)	3661 (60.0)	1.95
8	161302 (34.9)	158073 (34.9)	3229 (52.9)	2.00
9	140437 (30.4)	137388 (30.3)	3049 (49.9)	2.17
10	139715 (30.2)	136438 (30.1)	3045 (49.9)	2.18

b. paraffin thyroid phantom

Distance (cm)	Total count (%)	only thyroid 계수율 (%)	BKG 계수율 (%)	BKG/ Total(%)
2	416195 (100)	410567 (100)	5628 (100)	1.35
3	338108 (81.2)	332817 (81.1)	5291 (94.0)	1.56
4	279328 (67.1)	275054 (67.0)	4009 (75.9)	1.65
5	234381 (56.3)	230404 (56.1)	3977 (70.7)	1.70
6	198783 (47.8)	194718 (47.4)	3479 (72.2)	1.75
7	170267 (40.9)	167264 (40.7)	3003 (53.4)	1.76
8	146200 (35.1)	143347 (34.9)	2853 (50.7)	1.95
9	128204 (30.8)	125126 (30.5)	2564 (54.6)	2.00
10	112619 (27.0)	110299 (26.9)	2320 (41.2)	2.10

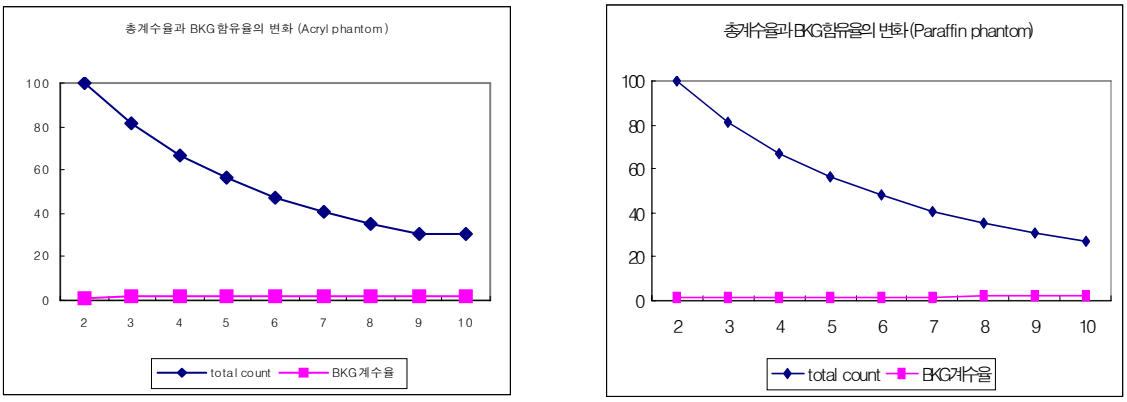


Fig. 2. Comparison of count rate according to distance variation in acryl and paraffin thyroid phantom

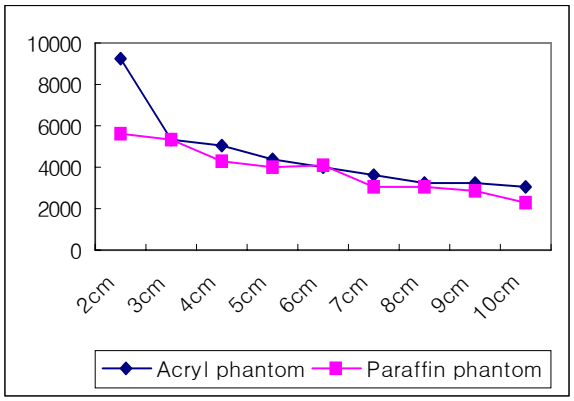


Fig. 3. Distribution of BKG counts according to distance

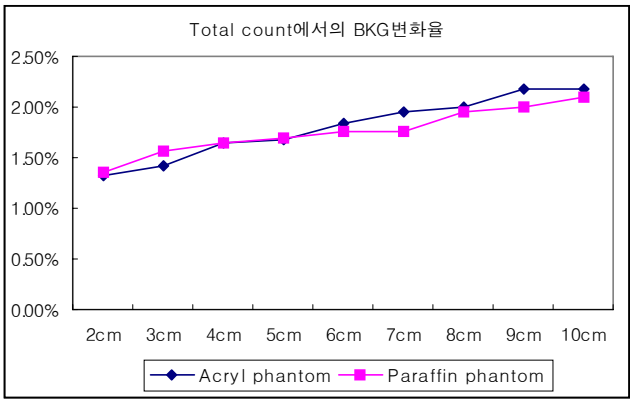


Fig. 4. Variation of BKG including rate according to distance

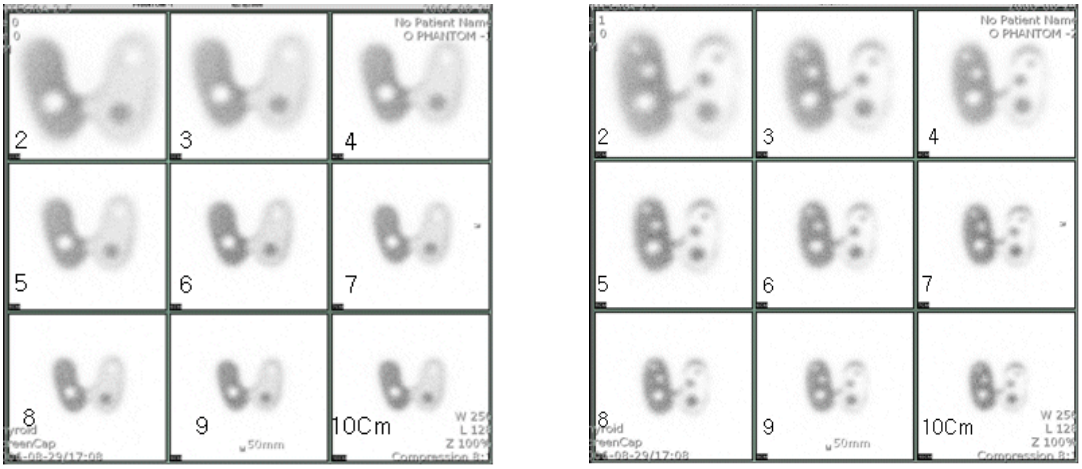
2) 공간분해능의 비교

공간분해능을 측정하기위하여 팬텀내 냉소(cold)부위와 열소(hot) 부위에 대한 방사능분포곡선을 작성하여 반치폭(FWHM)을 산출하였다[3].

Phantom 내 직경 10 mm의 열소부위와 냉소부위에 대한 농도분포곡선을 작성하고 공간분해능을 비교 분석을 하였다. Fig. 5는 phantom과 collimator hole간의 거리 변화에 따른 acryl과 paraffin thyroid phantom의 영상이다. 수작업에 의하여 제작된 paraffin phantom 내 3.0 mm와 6.0 mm 직경의 hot와 cold 부위가 거리변화에 따라 분해능의 차이는 있으나 선명하게 나타나 있다.

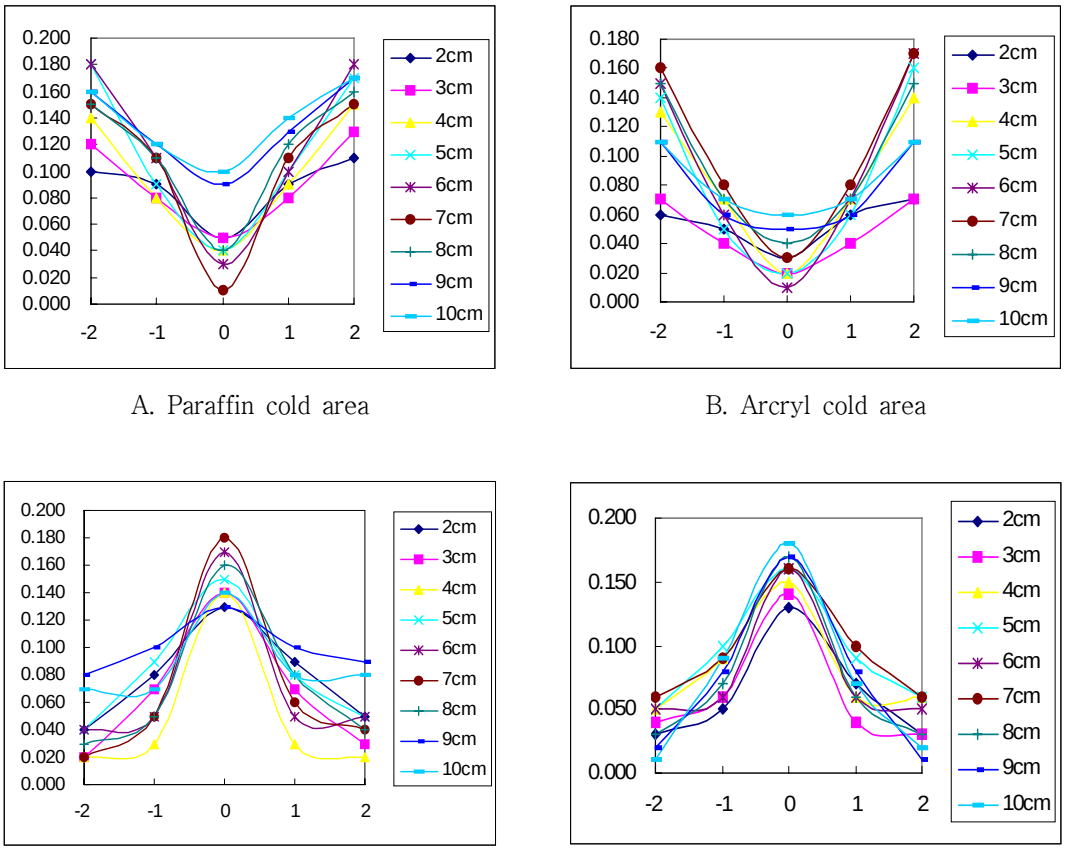
각각의 영상에서 phantom내 직경 10 mm의 cold와 hot 부위에 대한 방사능 분포를 농도곡선으로 작성하였다. Fig. 6은 Paraffin과 arcryl thyroid phantom 내의 직경 10 mm 부위에 대한 cold 와 hot 영역에 대한 농도분포곡선으로 이 곡선을 이용하여 반치폭(FWHM)을 측정하였다.

Fig. 6에 의하여 측정된 반치폭의 크기변화는 Table 2와 같다. 즉 phantom과 collimator hole간의 거리 2 cm와 10 cm에서 반치폭의 크기가 가장 크게 나왔으며, paraffin phantom의 경우 hot 부분에서는 거리 6 cm에서, cold 부분은 7 cm에서 반치폭의 길이 8 mm와 10 mm로 가장 작게 나타났으며, acryl phantom은 hot 부분은 6 cm에서 8 mm, cold 부분은 7 cm에서 반치폭의 길이가 각각 8 mm, 17 mm로 나타나 본 연구에 사용된 장치와 collimator를 이용할 경우 분해능이 가장 우수한 갑상선 영상을 기록하기 위해 collimator와 환자간의 거리를 6~7 cm로 유지할 필요성이 있었다.



A. Acryl phantom B. Paraffin phantom

Fig. 5. Thyroid phantom images according to variation of distance between phantom and collimator hole



A. Paraffin cold area B. Arcryl cold area

C. Paraffin hot area D. Arcryl hot are

Fig. 6. Distribution of noise at cold and hot area in paraffin and acryl phantom

Table 2. FWHM in each phantom according to distance

distance (cm)	paraffin phantom(mm)		acryl phantom(mm)	
	hot	cold	hot	cold
2	14	17	11	21
3	14	18	9	20
4	12	17	10	20
5	10	15	10	20
6	8	13	8	18
7	9	10	10	17
8	13	11	11	20
9	13	14	13	21
10	13	13	13	21

또한 상업용으로 제작된 arcryl phantom과 본 연구를 위해 수작업으로 제작된 paraffin phantom의 특성이 다르지 않음을 알 수 있다.

Table 3. Physical charateristics of muscle and paraffin

	전자밀도 (electron/g) x 10^{-23}	실효 원자번호 (Z_{eff})	밀도 (g/cm^3)	상대적 흡수치
근육(muscle)	3.3	7.4	1.0	1000
파라핀(paraffin)	3.3	7.4	1.0	1000

(방사선기술학, 조직등가물질의 화학조성, 전자밀도, 실효원자번호와 밀도)

A. Arcryl phantom B. Hand-made Paraffin phantom

Fig. 7. Thyroid phantom

Ⅳ. 고 찰

방사선을 이용한 인체 진단 또는 치료 장치의 성능평가를 위하여 인체 장기의 등가물질로 알루미늄을 비롯하여 물, 우레탄수지, 페놀 수지, 에폭시 수지, 아크릴 수지 등을 이용한 각종 phantom이 있으며, 알루미늄은 인체의 뼈조직 등가물질로 이용되고 있으며 근육과 같은 연부조직의 등가 물질로 물(water)이나 아크릴 수지 그리고 파라핀 왁스 등이 사용되고 있다.

인체 연부조직(근육)의 실효원자번호는 7.4, 밀도는 1.0 g/cm^{2}으로 물, 파라핀왁스와 같으며 X-선에 대한 상대적 흡수치는 1,000으로 동일하여, 물 10 cm, 아크릴 10 cm 그리고 파라핀 10 cm 두께에서 X-선 흡수비는 1 : 1 : 1의 관계에 있어 인체의 연부조직등가 물질로 사용하기 적당하다[4,5]. Table 3은 인체의 근육과 파라핀의 물리적 특성을 비교한 것이다.

Paraffin의 화학명은 메탄계 탄화수소로서 화학식은 C_nH_{2n+2}이며, 구성하는 모든 탄소원자의 연결형태로 일렬로 배열된 곧은사슬 모양의 파라핀으로 되어있다. 단일결합으로 반응성이 작아 안정된 화합물이며, 탄소수가 많을수록 비중, 용융점, 비등점이 높아지는 특성이 있다[6].

연부조직 등가물질로 아크릴은 파라핀에 비교하여 경도와 비중, 구성원소에 있어서 약간의 우위에 있어 장비의 성능 평가와 화질관리를 위한 팬텀으로 아크릴을 이용한 것이 상품화되어 이용되고 있다[7]. Fig. 7은 상품화되어 사용되고 있는 아크릴 thyroid phantom(A)과 본 연구를 위하여 제작한 파라핀 thyroid phantom(B)이다.

본 연구에서는 비교적 구하기 쉽고 제작성이 수월한 장점을 이용하여 파라핀을 이용하여 갑상선팬텀을 제작하고 기존의 아크릴 갑상선 팬텀의 특성과 비교한 결과 파라핀과 아크릴 팬텀과의 계수율의 변화가 동일함을 나타냈다. 즉 팬텀과 collimator 간의 거리를 2 cm에서 10 cm까지 1 cm씩 증가할 때 아크릴 팬텀과 파라핀 팬텀의 계수율의 변화가 매우 유사하였다. 공간 분해능의 변화측정을 위한 반치폭(FWHM)의 크기에서도 2개의 팬텀을 사용할 경우 collimator와 팬텀간의 거리 6~7 cm 거리에서 영상분해능이 좋은 것으로 나타났다. 이것은 팬텀과 collimator 간 거리가 짧은 경우 후방 방사능(BKG) 계수가 증가되고 또한 거리가 증가 한 경우 감마선의 거리역자승법칙에 의한 감약에 의한 계수율의 저하가 원인으로 분석된다. 각각의 팬텀에서 측정거리의 증가에 따른 후방 방사능의 동일한 경향의 변화를 나타내었다. 기존의 acryl phantom에서는 직경 10 mm의 hot와 cold 부위 그리고 8 mm 직경

의 cold 부위를 영상으로 나타내어 측정할 수 있으나 본 연구목적으로 제작된 paraffin phantom에서는 기존의 10 mm 직경의 cold와 hot area 부위 외에 각각 6 mm, 3 mm 직경의 cold와 hot 부위를 추가하여 기존의 phantom에서 측정할 수 없었던 작은 부위까지 추가 보완함으로서 영상의 고분해능측정이 가능한 팬텀으로 사용할 수 있었다.

V. 결 론

비교적 제작이 수월한 파라핀을 이용하여 상용화되고 있는 갑상선 아크릴 팬텀의 특성과 비교 연구한 결과 감도와 분해능의 특성이 현재 상용화되어 이용되고 있는 아크릴 갑상선 팬텀과 파라핀 갑상선 팬텀에서 동일한 결과로 나타났다 그러므로 제작이 용이한 파라핀 물질을 사용함으로서 더 세밀한 cold 또는 hot 부위를 제작 삽입하여 이용할 수 있다고 판단된다.

본 연구를 통하여 paraffin phantom의 제조의 정확성이 보장된다면 경제성 및 활용성인 측면에서 매우 유익하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박성옥, 이만구, 안성민: 핵의과학. 대학서림, 204-205, 2006
2. Paul J. Early, D. Bruce Sodee: Principle and practice of Nuclear Medicine. 182-185, Mosby, 1985
3. William J. Price: Nuclear Radiation Detection. 202-203, Mcgraw-Hill series, 1964
4. 송재관: 방사선기술학. 38-41, 학문사, 1985
5. 김정민, 최종학: 방사선화상 정보학. 14-15, 신광출판사, 2000
6. 전학제, 성백능, 조병하: 이화학대사전 1265, 1980
7. XPORT Biotech Co.: 방사선 Phantom

• Abstract

A study on the Effectivness of Hand-made Paraffin Thyroid Phantom

Soung-Ock Park · In-Ja Lee

Department of Radiologic Technology, Dongnam Health College

Phantoms are very necessary for quality assurance of radio nuclides imaging systems to maintain standards and to ensure reproducibility of test. General quality assurance and instrument quality control are essential in every hospital. The human tissue equivalent materials are aluminum, arcryl, water and epoxy ..etc. It is very important to select optimum equivalant materials for a phantoms in QC..

Especially, paraffin is very similar with human soft tissue in X or Gamma-ray physical characteristics and easy to buy wiith economically.

We made a paraffin thyroid phantom and compare with thyroid arcryl phantom, also used commercially in practice. Two small size cold spots(3 and 6 mm diameter) and a hot spot(3 mm diameter) embeded in paraffin phantom. And imaged with $^{99m}TcO_4$ by camera for analysis about spatial resolution and noise at the hot and cold spots.

We got some results as below :

1. No difference in counting rate and noise between both arcryl and paraffin thyroid phantoms.
2. The best spatial resolution can be seen 6 cm distance between pinhole collimator and thyroid phantoms(arcryl and paraffin).
3. More optimal spatial resolution could acquired in paraffin thyroid phantom.

Paraffin is very similar with human soft tissue in atomic number, density and relative absorbtion fuction, and can be shaped easily what we wanted.

So we can recommendation paraffin as quality assurance phantom because its usefulness, economical benefit and purchasability.

Key Words: Phantom, Quality assurance, usefulness, purchasability