

Original Article

갑상선 섭취율 측정에서 선원의 길이와 부피 증가에 따른 영향

연세의료원 세브란스병원 핵의학과

황동훈 · 오신현 · 김정열 · 강천구 · 김재삼

The Effect of Increase in Length and Volume of Source in Radioactive Iodine Thyroid Uptake Rate

Dong Hun Hwang, Shin Hyun Oh, Jung Yul Kim, Chun Koo Kang and Jae Sam Kim

Dept. of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

Purpose Radioactive iodine thyroid uptake (RAIU) rate is an examination which determines and seeks about general functions of thyroid gland. The size of thyroid gland is normally different between each person, also patients having thyroid diseases have had a variety of size of thyroid gland compared with others. The purpose of this study will investigate about the counting rate which is effected by the geometric factors through the length and volume changes of the source in RAIU rate.

Materials and Methods I-131 185 kBq (5 μ Ci) were placed in a cylindrical phantom of 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm, and 3 cm in diameter, respectively, and saline was added to gradually increase the length by 1 cm in the horizontal and vertical directions to give a change in volume. The source was measured 20 times for 20 seconds from a distance of 25 cm to 364.4 keV \pm 20% energy ROI with Captus 3000 thyroid uptake system (Capintec, NJ, USA).

Results When the source was located in the transverse direction of the detector, the consequence of one-way ANOVA is that even though the length of source is increased each diameter, there is mostly no significant difference. When the source was located in the longitudinal direction and the counting rate of length 1 cm at all diameter is set to 100%, the average is 92.57% for length 2 cm, 86.1% for 3 cm, 80.69% for 4 cm, 74.82% for 5 cm, and 69.68% at 6 cm.

Conclusion According to this study, it is expected that the gap of RAIU rate has been depended on the thickness of thyroid gland as well as the diameter of the beaker. We know that the change of the volume with the increase of the length of the source had less effect on the change of the counting rate. Thus, in order to reduce the error in the measurement of the counting rate with the thyroid uptake rate equipment, an accurate counting rate can be relatively measured if the counting rate which is measured is corrected by thickness or the distance between the thyroid and the thyroid uptake rate equipment is changed.

Key Words ¹³¹I, Thyroid uptake, Thickness

서론

방사성 요오드 갑상선 섭취율(RAIU rate) 검사란 방사성 요오드를 투여하고 일정 시간 후 갑상선내 요오드 방사능치를 측정하여 갑상선의 전반적인 기능 상태를 직접적으로 알아보는 검사법이다.¹⁾

검사에 영향을 미치는 인자로는 요오드 함유 물질, 호르몬

· Received: April 28, 2017 Accepted: May 10, 2017
· Corresponding author : **Dong Hun Hwang**
Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, 250 Seongsanno, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea
Tel.: +82-2-2228-4860, Fax: +82-2-312-0578
E-mail: 4244227@hanmail.net

제, 요오드 조영제, 환자의 건강상태 등이 있고²⁾, 2006년 Society of Nuclear Medicine³⁾에서는 갑상선 섭취율 측정 절차를 배포하였고, 이 절차서에 따르면 검사 오류의 원인으로, 검출기와 목 표면 간 거리, 부적절한 목 팬텀 사용, 환자의 목에 부정확한 중심점 설정, 배후방사능의 변동, 음식과 약제의 간섭, 인접한 위치의 타 방사능 영향 등을 기술하고 있다. 또한 유효 갑상선 길이에 따라 감마선 감쇠와 계수율에 오류가 생기는 것은 Allen F. Reid 등에 의해 알려져 있다.⁴⁾

문언수 등에 따르면 한국인 갑상선 기능 항진증 환자의 갑상선이 정상인 갑상선에 비해 우엽의 장축이 최대 2.16±1.26 cm, 폭 1.11±1.27 cm, 좌엽의 장축은 2.61±2.56 cm, 폭 4.61±1.33 cm가 더 거대한 것으로 나타났다.⁵⁾ 이런 다양한 크기의 갑상선이 섭취율 검사 시 계수율에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여, 본 논문에서는 방사성 요오드 갑상선 섭취율 검사에서 섭취율의 측정 대상이 되는 갑상선의 길이나 두께, 부피에 따른 기하학적 요인이 계수율에 주는 영향을 관찰하고자 한다.

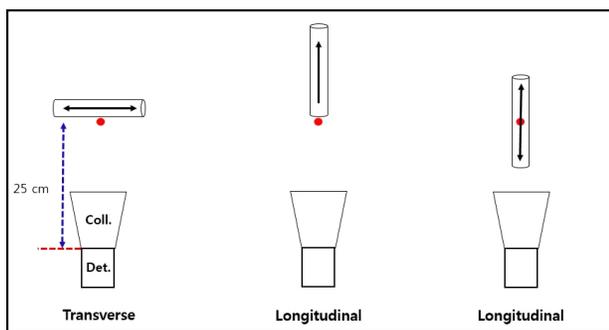


Fig. 1. These are the images of the three experimental batches. The red point and the detector are 25 cm in distance. The counting rates were measured by varying the diameter and length of the cylindrical phantom.

실험 재료 및 방법

측정 장비는 Captus 3000 thyroid uptake system (Capintec, NJ, USA)을 사용 하였다. 액체상태의 ¹³¹I 185 kBq (5 μCi)을 지름이 0.5, 1, 1.5, 3 cm 인 주사기에 넣고 길이를 1 cm 간격으로 생리식염수를 추가하여 부피를 증가시켰다. 지름 0.5 cm은 최대길이 5 cm, 지름 1 cm은 최대길이 4 cm, 지름 1.5 cm은 최대길이 6 cm, 지름 3 cm은 최대길이 9 cm까지 증가시켰다.

측정 방법은 3가지로 나누어 진행하였다. 첫 번째는 섭취율 장비로부터 25 cm의 거리에 선원을 횡축방향으로 위치하고 지름과 길이를 증가시켰다. 두 번째는 같은 거리에서 선원을 종축방향으로 위치하고 지름과 길이를 증가시켰고, 세 번째

는 똑같이 지름과 길이를 증가시켰으나, 선원의 중심에서 25 cm 떨어진 거리의 계수율을 측정 하였다(Fig. 1). 계수율은 364.4 keV±20% 영역에서 각각 20초씩 20회 측정하였다. 측정된 계수율은 ¹³¹I의 반감기인 8.03일을 적용하여 붕괴 보정 모드(decay correction mode)로 보정되었다. 첫 번째 실험에서 선원을 횡축방향으로 위치하여 지름별로 길이가 증가하였을 때의 계수율 변화에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해, 일원배치 분산분석(One way ANOVA)을 시행하였고 사후 분석은 Tukey HSD법을 사용하여 확인하였다. 두 번째와 세 번째 실험에서는 선원을 종축방향으로 위치하여 각 지름별로 길이가 증가하였을 때의 계수율 변화를 곡선추정 회귀분석(SPSS ver.22)을 이용하여 나타냈다.

결 과

1. 25 cm의 거리에서 횡축방향으로 선원을 위치하였을 때 변화

선원의 같은 지름에서 길이를 증가시켜 서로 유의한 차이가 있는지 확인하였다. 계수율의 비교는 일원배치 분산분석을 이용하였고, 사후 분석은 Tukey HSD 법을 사용하였다. Levene 통계량 유의수준이 $p \geq 0.05$ 으로 귀무가설이 기각되지 못하여 등분산 가정을 만족하였다. 그래프의 x축은 선원의 길이(cm)와 길이 증가에 따른 부피(cm³)를 같이 표기 하였다. y축은 cpm 으로 설정하였다(Fig. 2).

지름 0.5 cm의 선원은 길이를 1 cm에서 5 cm까지 증가시켰고, 길이 1 cm은 다른 길이와 비교하였을 때 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), 2 cm에서 5 cm는 1 cm과 비교 하였을 때 유의한 차이를 보이고($p < 0.05$) 나머지 길이와는 유의한 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$).

지름 1 cm의 선원은 길이를 1 cm에서 4 cm까지 증가시켰고, 마찬가지로 길이 1 cm은 다른 길이와 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 길이 2 cm에서 4 cm은 길이 1 cm을 제외한 나머지에서 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$).

지름 1.5 cm의 선원은 길이를 1 cm에서 6 cm까지 증가시켰다. 길이 1 cm은 길이 4 ~ 6 cm과 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 나머지 길이와는 유의한 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$). 길이 2 cm과 3 cm은 모든 길이와 비교하였을 때 유의한 차이를 보이지 않았고($p \geq 0.05$), 길이 4~6 cm은 1 cm과 비교하였을 때 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 나머지와 비교하였을 때는 유의한 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$).

지름 3 cm 는 길이를 1 cm에서 9 cm까지 증가시켜 비교하였

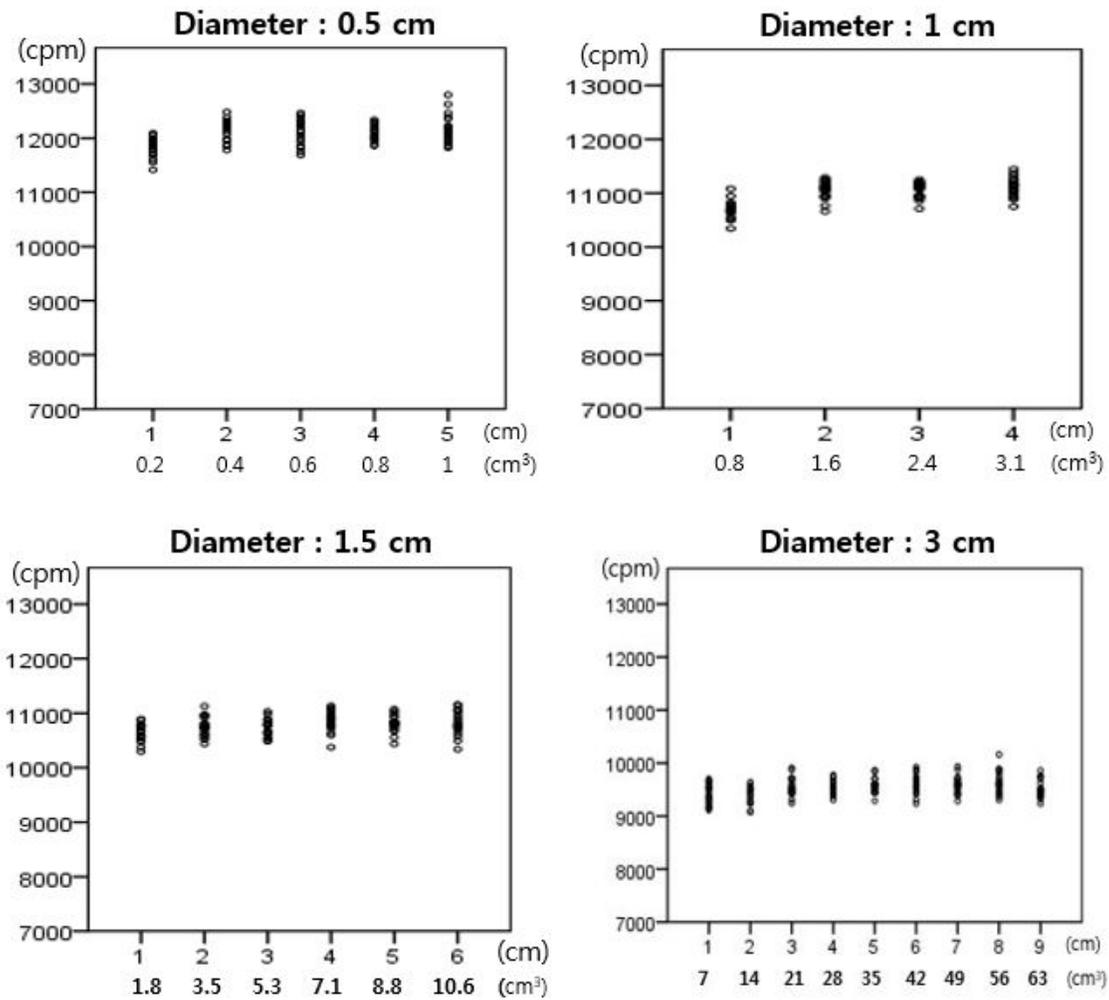


Fig. 2. The counting rates were indicated by a dot. 20 times per length were measured. Regardless of length, most counting rates were similar.

다. 길이 1 cm은 6~8 cm과 유의한 차이를($p < 0.05$), 2 cm은 3 cm과 5~8 cm 하고 유의한 차이를($p < 0.05$), 길이 3 cm과 5 cm 은 길이 2 cm과 유의한 차이를($p < 0.05$), 길이 6~8 cm은 1~2 cm과 비교하였을 때 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$) 나머지는 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$).

2. 25 cm의 거리에서 종축방향으로 선원을 위치하였을 때 변화

각 지름별로 길이를 증가시켰을 때의 계수율 변화를 곡선추정 회귀분석을 이용하여 분석하였다. 모든 실험에서 얻어진 검출기와 선원 간 거리에 따른 감마선의 계수율은 복합모형곡선과 가장 높은 상관관계를 보였다($R^2 \geq 0.941$).

모든 선원은 길이가 증가함에 따라 계수율이 감소하였다. R^2 값은 지름 0.5 cm에서 0.962, 지름 1 cm에서 0.941, 지름 1.5 cm에서 0.95, 지름 3 cm에서 0.944 로 나타났다(Fig. 3). 복합모형 방정식은 지름 0.5 cm에서 $y = 11985.63 \cdot 0.93^x$, 지름 1 cm, 1.5 cm, 3 cm에서는 각각 $11218.78 \cdot 0.93^x$, $11629.93 \cdot 0.93^x$, $11125.32 \cdot 0.93^x$ 으로 나타났다. 지름의 크기와는 상관없이 y는 가상의 값인 0 cm의 cpm과 0.93^x 의 곱으로 거의 일정하게 나타났다.

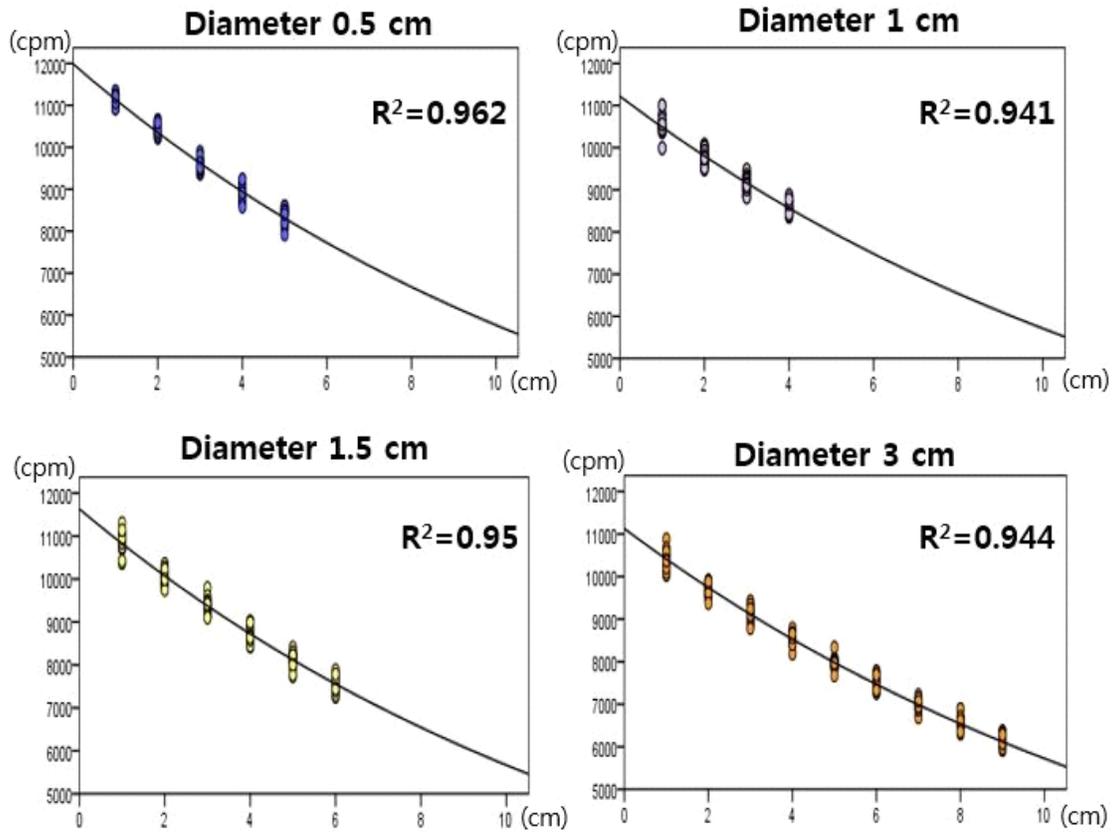


Fig. 3. Each length was measured 20 times. After measuring counting rates, the graph is appeared with using regression analysis. As the length of the source increases, the counting rate decreased.

3. 선원의 중심에서 25 cm의 거리에서 종축방향으로 선원을 위치하였을 때 변화

각 지름별 길이 증가시켰을 때의 계수율 변화를 곡선추정 회귀분석을 이용하여 복합모형곡선으로 나타내었다. 모든 선원은 길이가 증가함에 따라 계수율이 감소하였고 R² 값은 지름 0.5 cm에서 0.864, 지름 1 cm에서 0.793, 지름 1.5 cm에서 0.887, 지름 3 cm에서 0.836로 나타났다(Fig. 4).

복합모형 방정식은 지름 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm, 3 cm에서 각각 $11911.92 \cdot 0.96^x$, $11285.32 \cdot 0.96^x$, $11801.61 \cdot 0.96^x$, $11590.47 \cdot 0.96^x$ 으로 나타났고 마찬가지로 지름의 크기와는 상관없이 y는 가상의 값인 0 cm의 cpm과 0.96^x 의 곱으로 거의 일정하게 나타났다.

고 찰

선원의 지름과 길이를 변화시키며 종축 방향으로 선원을 두고 계수율을 측정하였을 때 비교적 변화가 컸다. 측정된 계수

율을 이용하여 실제로 갑상선 섭취율 검사에서 어느 정도 오차가 있을지 예측해 보았다. 현재 세브란스 병원에서 사용하는 비커의 지름 4 cm을 기준으로 하여 24시간 섭취율의 정상 범위인 10%와 35%에서 오차를 예상해 보았다. 기준인 4 cm보다 종축 방향의 길이가 증가하면 섭취율은 실제보다 낮게 측정되었고, 짧을수록 높게 측정되었다. 종축 방향으로 선원의 길이가 4 cm이고 이 때 섭취율이 35%라면, 같은 양의 방사성 요오드가 있더라도 길이가 5 cm으로 증가되면 32.45%로 실제보다 낮게 측정될 거라 예측된다. 길이가 3 cm으로 줄어든다면 37.35%로 실제보다 높게 측정될 거라 예측된다. 선원의 중앙을 기준으로 25 cm의 거리에서 측정하였을 때도 선원의 길이가 증가할수록 섭취율이 낮게 측정되었으나 변화의 폭은 이전 보다 작았다(Fig. 5).

본 연구에서는 모든 측정거리를 25 cm으로 제한하였고, 실험의 모든 선원은 균등하게 방사선이 방출되기 때문에 갑상선 결절 등은 고려하지 못하였다. 또한 실험 선원과 실제 갑상선 모형과는 차이가 있었고, 콜리메이터 직경인 10 cm보다 작은 길이로만 실험을 하였으며, 선원의 지름과 길이의 다양성이

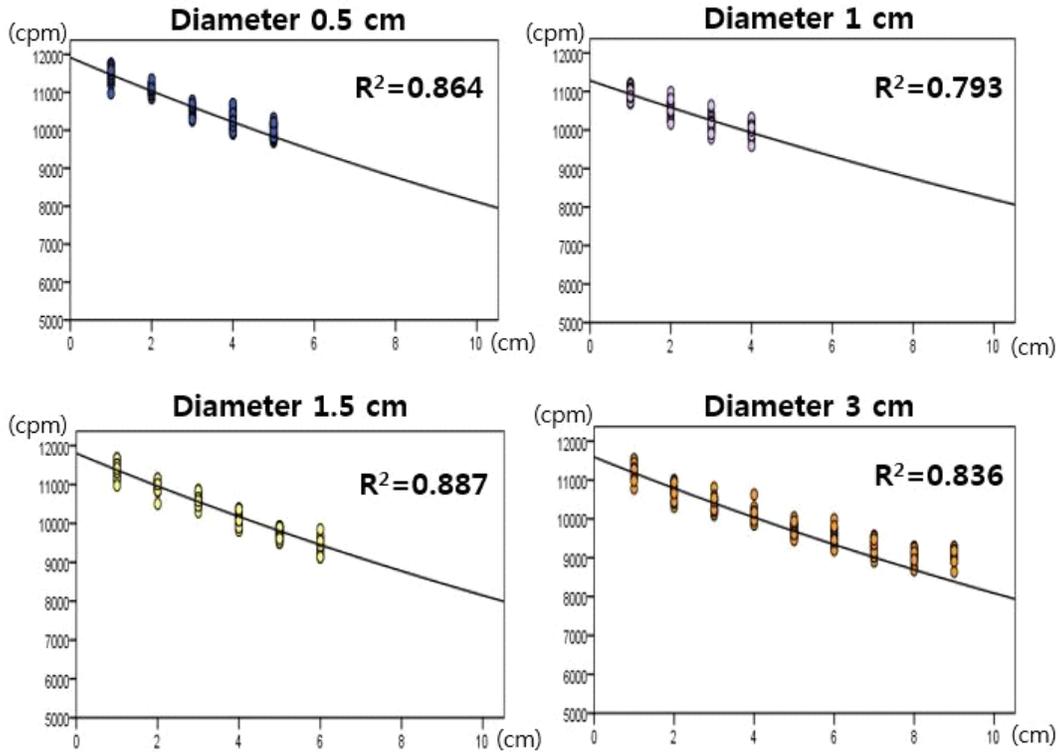


Fig. 4. Each length was measured 20 times. R^2 value was lower than Fig. 3. The counting rate decreased as the length of the source increases.

A	Length (cm)	Percentage	
		Left	Right
	1 cm	43.38%	12.39%
	2 cm	40.15%	11.47%
	3 cm	37.35%	10.67%
	4 cm	35%	10%
	5 cm	32.45%	9.27%
	6 cm	30.22%	8.64%

B	Length (cm)	Percentage	
		Left	Right
	1 cm	38.9%	11.11%
	2 cm	37.45%	10.70%
	3 cm	35.98%	10.28%
	4 cm	35%	10%
	5 cm	33.64%	9.61%
	6 cm	32.65%	9.33%

Fig. 5. This is data that predicts how much error will occur depending on the length of the sources. The same amount of radioactive iodine is contained, but the counting rate decreases as the length of the source increases. The distance between the detector and the red dot is 25 cm.

부족하였다. 감마선 감쇠가 흡수체 내에서 상호작용을 피하는 좁은 선속의 측정실험이 아니므로 발생하는 오류와 핵붕괴의 무작위 과정(random process)에 따른 통계적 오차⁶⁾, 그리고 실험 과정에서 생기는 일부 거리 변동의 오류를 고려해야 하고 한 종류의 선원과 장비로만 계수율을 측정하였기 때문에 추후 더 다양한 연구가 필요하다 생각된다.

결론

갑상선 섭취율 검사 시, 갑상선의 가로나 세로 방향의 차이에 따른 섭취율 오차는 적을 것으로 예상되며, 단순한 부피의 차이보다 갑상선의 두께 및 투여 전 선량측정 시의 비커에 따라서도 오차가 생길 수 있다고 예상된다. 이런 오차를 줄이기 위해서는 초음파 등의 영상을 참고하여 두께를 구한 뒤, 섭취율 수치에 적용하거나, 결과에서 구한 복합방정식을 통해 오차를 예측, 갑상선과 섭취율 장비의 거리를 변화시킨다면 비

교적 정확한 계수율을 구할 수 있을 거라 사료 된다.

참고문헌

요 약

방사성 요오드 갑상선 섭취율 검사는 방사성 요오드를 투여하고 일정 시간 후 갑상선의 요오드 방사능치를 측정하여 전반적인 기능 상태를 알아보는 검사법이다. 검사에 영향을 미치는 인자는 매우 다양하다. 본 연구에서는 갑상선의 길이나 두께, 부피에 따른 기하학적 요인이 계수율에 주는 영향을 관찰하고자 한다. 액체상태의 ^{131}I 185 kBq (5 μCi)을 지름이 0.5, 1, 1.5, 3 cm 인 주사기에 넣고 길이를 1 cm 간격으로 생리식염수를 추가하여 증가시켰다. 선원을 장비로부터 25 cm 거리에서 횡축방향과 종축방향으로 위치하였을 때 각각의 계수율을 측정하였다. 횡축 방향으로 위치하였을 때, 선원의 길이가 변화하여도 대부분 유의한 차이를 보이지 않았다. 종축 방향으로 위치하였을 때, 곡선추정 회귀분석 결과 복합모형곡선과 높은 상관관계를 보였고($R^2 \geq 0.941$), 선원의 길이가 증가할수록 계수율은 감소하였다. 따라서 갑상선 섭취율 검사 시, 갑상선의 가로나 세로 방향의 차이에 따른 섭취율의 오차는 적을 것으로 예상되어 지며, 단순한 부피의 차이보다 갑상선의 두께 및 투여 전 선량측정 시의 비커에 따라서 오차가 생길 수 있다고 예상된다. 따라서 오차를 줄이기 위해서는 초음파 등의 영상을 참고하여 두께를 구해 섭취율 수치에 적용하거나, 결과에서 구한 복합방정식을 통해 오차를 예측, 갑상선과 섭취율 장비의 거리를 변화시킨다면 비교적 정확한 계수율을 구할 수 있을 거라 사료 된다.

1. 고창순, 핵의학. 제 3판. 고려의학 2008. P470-473
2. Richard R. Grayson MD. Factors which influence the radioactive iodine thyroid uptake. The American Journal of Medicine 1906; 28: 397-415
3. Balon HR, Silberstein EB, et al. Society of Nuclear Medicine procedure guideline for thyroid uptake measurement. version.3.0. SNM 2006; 1-4
4. Allen F.Reid and Jeanette A.Sorenson. Effective thyroid depth and compensating measurements for iodine uptake determination. 1952; 58: 390-392
5. Ern Soo Moon, Yoh Han Park, et al. A clinical study on ^{125}I T3 renin uptake rate and serum thyroxin in hyperthyroidism. Kor Nucl Med Mol Imaging 1975; 12: 23-31
6. Lee SY, Radiation Detection and Measurement. 2nd ed. Gijeon; 1991. p.108-112, 125, 347-349