

Analysis of Radiation Dose for Lens, Thyroid Gland, Breast, and Gonad on Upper Gastrointestinal Series

Byung-Hak Lim,¹ Kwon Su Chon^{1,2,*}

¹Department of Radiological Science, The Graduate School of Daegu Catholic University

²Department of Radiological Science, Daegu Catholic University

Received: August 23, 2019. Revised: November 10, 2019. Accepted: November 30, 2019

ABSTRACT

Upper gastrointestinal series is an examination that uses X-rays. It is important to defend against exposure to radiation during upper gastrointestinal examination because the organs, such as thyroid gland, lens, breasts, and gonads, with relatively high biological sensitivity to radiation are distributed on the examination area. We have made a whole body phantom that can change the depth of organs. radiation dose of eye, thyroid gland, breast and gonads were measured by the same procedure as the actual upper gastrointestinal examination. When performed only fluoroscopy the mean dose reduction of lens, thyroid gland, breast and gonads was 62.2%. The mean dose reduction of lens, thyroid gland, breast and gonads was 59.0% when both fluoroscopy and spot shoot were performed. Therefore, when performed upper gastrointestinal examination it was confirmed that shielding of the lens, thyroid gland, breast and gonads was effective in decreasing the exposure dose. The manufactured human phantom can be used in measuring radiation dose for deep organ because it can adjust the height corresponding to the organs located in the human body.

Keywords: Upper Gastrointestinal Series, Exposure Dose, Shield

I. INTRODUCTION

위장조영검사(Upper Gastrointestinal Series)는 방사선학적 검사로서 내과적 방법인 위내시경검사(Gastrointestinal Endoscopy)와 더불어 상부위장관 질환을 진단하기 위한 방법으로 주로 이용되고 있다.^[1,2] 하지만 위장조영검사는 X선을 사용하는 검사이기 때문에 X선 피폭이 문제가 된다. 2000년 이전에는 의료방사선의 비율이 전체 방사선비율의 약15% 정도였으나 2006년 이후는 그 증가율이 현저히 높아져 약 50%에 근접하고 있다.^[3] 실시간으로 영상을 획득할 수 있는 투시검사(Fluoroscopy)와 투시를 통해 치료를 병행할 수 있는 중재적시술(Fluoroscopic Guided Intervention Procedure)의 증가는 의료방사선의 비율이 증가하는 하나의 원인이

다.^[4] 이 중 실시간으로 방사선을 이용하여 검사를 시행하는 투시조영 검사는 검사부위의 광범위한 선택으로 장시간의 피폭이 불가피하다.^[5] 이로 인해 검사부위의 장기뿐만 아니라 검사부위 외의 다른 장기의 피폭도 우려되는 상황이다. 위장조영검사에서는 갑상선, 수정체, 유방, 생식선 등 생물학적으로 방사선 감수성이 상대적으로 높은 표적장기가 주변에 분포되어있어 주의가 요구된다.^[6-8]

대부분의 위장조영검사는 방사선 민감도가 높은 장기인 안구, 갑상선, 유방, 생식선에 대해서는 특별한 차폐를 하지 않고 촬영을 시행하고 있다. 본 논문은 장기의 방사선피폭을 측정하기 위하여 심부에 측정기를 위치시킬 수 있는 인체 팬텀을 새롭게 제작하여 위장조영검사 시 산란선에 의한 안구와 갑상선, 유방, 생식선의 피폭선량을 측정하고,

* Corresponding Author: Kwon Su Chon

E-mail: kschon@cu.ac.kr

Tel: +82-53-850-2521

적절한 차폐체를 이용하여 방사선피폭이 저감되는 것을 확인하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 방법

1.1 전신 팬텀 제작

위장조영검사 중 산란선에 의한 안구, 갑상선, 유방, 생식선의 방사선 피폭선량을 측정하기 위해 Fig. 1과 같이 전신 팬텀을 제작하였다. 전신 팬텀은 속이 비어있는 투명한 아크릴 소재의 전신마네킹을 이용하였다. 측정하고자 하는 부위에 방사선 측정기를 삽입할 수 있는 크기의 아크릴 튜브를 삽입하고 방수처리 후 내부에 물을 채워 인체와 비슷하게 모사하였다.



Fig. 1. Whole body phantom used in this experiment.

또한 Fig. 2와 같이 전신 팬텀에 삽입된 아크릴 튜브 보다 작은 직경의 아크릴 튜브에 선량계를 부착하여 전신 팬텀 내부로 삽입할 수 있도록 제작하였다. 따라서 전신 팬텀 내부로 삽입되는 아크릴 튜브의 길이를 변경함으로써 측정하고자 하는 깊이의 선택이 가능하도록 제작하여 표면선량과 심부선량 측정이 가능하도록 하였다.

1.2 실험 기기

연구에 사용된 진단용 방사선발생장치는 Fig. 3과 같이 B병원에 설치된 Sonialvision EX Quatro(Dong Kang, Korea)를 사용하였다. 고주파 인버터 방식으로 초점의 크기는 $0.6 \text{ mm} \times 1.2 \text{ mm}$ 이며, 양극의 Target 재질은 텅스텐(W)이다.



Fig. 2. Acrylic tubes with various lengths.



Fig. 3. Fluoroscopy system used in this experiment.

Fig. 4는 선량측정에 사용된 나노닷 선량계(Nanodot Dosimeter)로 아크릴 튜브에 부착하여 피폭선량측정을 진행하였다. 차폐체는 Fig. 5와 같이 안구용 고글(0.75 mmPb), 갑상선차폐체(0.5 mmPb), 유방차폐체(0.35 mmPb), 생식선차폐체(0.5 mmPb)를 사용하였다.



Fig. 4. Nanodot dosimeter attached on the acrylic tubes.

1.3 피폭선량 측정

피폭선량은 실제 위장조영검사와 동일한 과정으로 측정하였다. 최초 X선을 조사하는 시점을 시작으로 하여 검사 종료 시까지 전 기간 동안 X선을 조사하면서 피폭선량 측정을 진행하였다. 갑상선과 유방의 경우 식도와 인접한 해부학적 구조로 인하여 차폐를 하고 검사를 시행하였을 때 정상적인 위장조영검사에 지장을 초래할 가능성이 있다. 따라서 위장조영검사 과정 중 처음 식도 영상 촬영 시에는 차폐를 시행하지 않았다. 그 외 모든 과정에서는 차폐를 시행한 후 피폭선량 측정을 시행하였다. 피폭선량 측정 시 X선 조사 조건은 자동노출 제어장치를 사용한 실제 위장조영검사 30 Case를 시행하며 X선 조사시간과 관전압(kVp), 관전류(mA)를 측정 후 평균치를 산출하여 설정하였다. X선 조사조건 설정을 위한 실제 위장조영검사 시 자동노출 제어장치의 사용으로 수검자의 상이한 체형에 따른 피폭선량의 차이가 발생할 수 있다. 이를 최대한 보정하기 위하여 보통체형의 수검자를 대상으로 위장조영검사를 시행하였다. 피폭선량 측정 시 각 회당 Spot 촬영은 관전압 85 kV, 관전류 320 mA, 조사시간 126 ms로 설정하여 18회 시행하였고, 투시는 관전압 112 kV, 관전류 2.5 mA로 1.8 min 동안 X선을 조사하여 피폭선량을 측정하였다.

피폭선량은 나노닷 선량계를 사용하여 측정하였고 mGy단위로 나타내었다. 나노닷 선량계는 수정체 3 mm, 갑상선 5 mm, 유방 5 mm, 하복부 30 mm에 해당하는 깊이의 아크릴 튜브에 부착하였다. 이를 전신 팬텀에 삽입한 후 튜브 내부에 물을 채운 뒤 방수 처리하여 피폭선량을 측정하였다. 생식선의 피폭선량은 남성과 여성의 해부학적 구조와 위치가 상이함에 따라 하복부에서 측정하였다. 수정체, 갑상선, 유방, 하복부에서 투시만 시행하였을 경우와 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 경우, Fig. 6과 같이 차폐를 시행하였을 때와 하지 않았을 때로 구분하여 피폭선량을 측정하였다. 설정된 피폭선량 측정조건으로 각각 5회씩 피폭선량을 측정 후 평균치를 산출하여 각 부위별 피폭선량을 비교, 분석하였다.



Fig. 5. Various shielding devices.



(a)



(b)

Fig. 6. Whole body phantom with (a) and without (b) shielding devices.

III. RESULT

1. 차폐 전·후의 피폭선량

나노닷 선량계를 이용하여 각 부위별 피폭선량을 평가하였다. 측정치는 소수 넷째 자리에서 반올림하여 나타내었다. Table 1은 투시만 시행하였을 때의 결과를 나타내었고, Table 2는 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 때의 결과를 나타내었다. 투시만 시행하였을 경우 차폐를 하지 않았을 때와

비교하여 차폐를 하였을 때 안구, 갑상선, 유방, 생식선의 측정된 모든 부위에서 전반적인 피폭선량의 감소가 나타났다. 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 때 역시 동일한 결과를 보였다. 투시만 시행하였을 경우 차폐를 하였을 때 갑상선, 유방, 생식선, 안구 순으로 피폭선량의 감소폭이 크게 나타났다. 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 경우에는 갑상선, 유방, 안구, 생식선 순으로 피폭선량의 감소폭이 크게 나타났다. 촬영부위와 가까운 곳에 위치한 유방과 갑상선에서 상대적으로 방사선 피폭이 높게 나타났고 수정체와 생식선은 낮게 나타났다. 방사선의 방어율은 투시만 시행하였을 경우와 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 경우 갑상선에서 각각 88.478%, 85.532%로 가장 높게 나타났다. Protection의 경우 방사선피폭은 완전한 차폐의 어려움으로 인해 유방에서 2.167 mGy, 3.623 mGy로 가장 높게 나타났다. No protection과 Protection의 경우 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 때 각각 평균 20.347%, 26.65%로 방사선 피폭이 높았다.

Table 1. Exposure dose of the lens, thyroid gland, breast and gonad when only fluoroscopy performed.

Organs	No Protection (mGy)	Protection (mGy)	Protection rate (%)
Eyeball	0.258 ± 0.002	0.201 ± 0.002	22.093
Thyroid	4.626 ± 0.062	0.533 ± 0.045	88.478
Breast	4.265 ± 0.753	2.617 ± 0.763	38.640
Gonad	0.389 ± 0.013	0.251 ± 0.032	35.475

Table 2. Exposure dose of lens, thyroid, breast, and gonads when fluoroscopic and spot shoot were performed simultaneously.

Organs	No Protection (mGy)	Protection (mGy)	Protection rate (%)
Eyeball	0.315 ± 0.015	0.216 ± 0.001	31.428
Thyroid	5.025 ± 0.167	0.727 ± 0.133	85.532
Breast	5.928 ± 2.222	3.623 ± 0.344	38.883
Gonad	0.464 ± 0.040	0.344 ± 0.009	25.862

IV. DISCUSSION

박형신 등^[9]은 중재적 시술에서 TLD chip을 이용하여 환자의 안구, 갑상선, 흉부, 복부, 생식선의 피폭선량을 측정하였고 환자의 피폭선량을 줄일 수 있는 지속적인 교육과 관리가 필요하다고 발표하였다. 김성철 등^[10]은 전리조를 이용하여 위장조영 검사에서 환자의 피폭선량을 측정하고 환자의 체계적인 의료피폭관리가 필요하다고 지적하였다. 하지만 인체 팬텀의 표면에 선량계를 부착하여 방사선피폭을 측정하여 실제 심부에 위치한 장기의 정확한 피폭선량의 측정이 어려웠고 구체적인 피폭선량의 감소방안에 대해서는 논의되지 않았다. 이에 본 논문에서는 심부에 측정기를 위치시킬 수 있는 인체 팬텀을 새로이 제작하여 장기의 방사선피폭을 측정하고, 구체적인 피폭선량의 감소방안을 제시하고자 하였다.

본 논문 연구 결과로 위장조영검사 시 수정체, 갑상선, 유방, 생식선의 피폭선량은 투시만 시행하였을 때와 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 때 각각 측정부위의 차폐 여부에 따라 피폭선량 변화에 영향을 주는 것으로 나타났다. 투시만 시행하였을 경우와 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 경우 모든 측정부위에서 차폐를 하지 않았을 때에 비하여 차폐를 하였을 때 선량의 감소가 크게 나타날 것으로 예상하였다. 하지만 두 경우 모두 모든 측정부위에서 선량의 감소가 나타났으나 특히 갑상선에서 피폭선량의 감소가 가장 크게 나타났다. 이는 갑상선 차폐체가 목적 부위를 상대적으로 완전하게 차폐함으로써 다른 부위에 비하여 산란선에 대한 노출량이 적었기 때문인 것으로 생각된다. 또 No protection과 protection에서 유방과 갑상선의 피폭선량이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 유방과 갑상선이 촬영 부위와 가깝게 위치하고 있어 상대적으로 방사선에 대한 노출량이 많았기 때문이다. 실제 위장조영검사 시 갑상선과 유방의 경우 식도에 인접한 해부학적 위치로 인해 처음 식도영상 검사 시 갑상선과 유방의 차폐가 어렵다. 따라서 검사 진행 중 갑상선과 유방에 차폐체를 착용해야 한다. 이에 따른 검사 시간지연과 환자의 체위 변동에 의하여 정상적인 위장조영검사에 지장을

초래할 가능성이 존재하는 제한점이 있다.

피폭선량 측정에서 실제 위장조영검사 시 사용되는 조영제는 고려되지 않았다. 유방 역시 수검자의 체형에 따라서 차폐를 시행하기 어려운 경우도 있을 수 있다. 하지만 대부분의 경우 위장조영검사 중 수검자의 적절한 체위변경으로 해결이 가능할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 심부 선량을 측정하기 위한 새로운 마네킹 팬텀을 제작하였다. 인체 팬텀은 심부의 선량을 측정하는데 매우 큰 제한점이 있었지만 제작한 팬텀은 이러한 단점을 해결할 수 있어 심부선량 측정의 새로운 팬텀이 될 수 있을 것이다. 물을 채워 방수를 실시해야 하는 어려움이 있지만 고가의 인체 팬텀을 구입할 수 없는 경우 매우 유용할 것이다. 인체를 근사적으로 물로 묘사하기 때문에 인체의 각 장기의 특성을 정확히 묘사하기 어려운 단점이 있고 특히 뼈의 후방에 위치한 장기의 묘사가 어려운 점이 있다.

V. CONCLUSION

심부선량 측정이 가능한 인체 팬텀을 제작하여 실제 위장조영검사와 동일한 과정으로 피폭선량 측정을 진행하였다. 또 위장조영검사 시 산란선에 의한 안구와 갑상선 및 유방, 생식선의 방사선 피폭선량을 측정, 분석하였다. 모든 측정부위 평균으로 나타낸 피폭선량의 감소는 투시만 시행하였을 경우 62.2%, 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 경우 59.0%로 나타났다. 따라서 위장조영검사 중 안구, 갑상선, 유방, 생식선에 대하여 차폐를 시행하는 것이 산란선에 의한 피폭선량 감소에 효과가 있었다는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문은 새로이 인체 팬텀을 제작하여 실제 장기 위치의 심부선량을 측정하였다. 향후 심부선량 측정에 새로운 인체 팬텀의 모델이 될 수 있을 것이다.

Reference

[1] S. H. Kang, S. Y. Son, M. H. Joo, C. B. Kim, K. C. Kim, "Analysis on Actual State of Selective Upper Gastrointestinal Study in Medical

Examination," *Journal of Korean Society of Radiological Science*, Vol. 22, No. 2, pp. 61-68, 1999.

- [2] J. Y. Ko, Y. K. Cho, J. W. Choi, "Image Analysis on Upper Gastrointestinal(UGI) Series of Gastric Cancer," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 10, No. 9, pp. 251-258, 2010.
- [3] D. A. Schquer, O. W. Linton, "NCRP report no 160. ionizing radiation exposure of the population of the United States, medical exposure: are we doing less with more, and is there a role for health physicists," *Health Physics*, Vol. 97, No. 1, pp. 1-5, 2009.
- [4] M. Y. Park, S. E. Jung, "CT radiation dose and radiation reduction strategies," *J. Korea Med. Assoc.*, Vol. 54, No. 12, pp. 1262-1268, 2011.
- [5] J. W. Jaco, D. L. Miller, "Measuring and monitoring radiation dose during fluoroscopically guided procedures," *Techniques in Vascular Interventional Radiology*, Vol. 13, No. 3, pp. 188-193, 2010.
- [6] J. K. Lee, "Principles of Radiation Protection," *Korean Association for Radiation Application*, Vol. 1, pp. 273, 381-450, 2007.
- [7] IAEA: International Atomic Energy Agency, *Safety series No. 115*, 2007.
- [8] IAEA: International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources. IAEA Safety Series No. 115, pp. 279-280, 1996.
- [9] H. S. Park, C. H. Lim, B. S. Kang, I. G. You, H. R. Jung, "A Study on the Evaluation of Patient Dose in Interventional Radiology," *Korea Institute of Science and Technology Information*, Vol. 35, No. 4, pp. 299-308, 2012.
- [10] S. C. Kim, S. M. Ahn, S. S. Jang, "The Study in Clinical Conditions and Skin Dose of Upper-Gastrointestinal X-ray Fluoroscopy," *Korea Institute of Science and Technology Information*, Vol. 30, No. 1, pp. 7-12, 2007.

위장조영검사에서 수정체, 갑상선, 유방, 생식선에 대한 피폭선량 분석

임병학,¹ 천권수^{1,2*}

¹대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과

²대구가톨릭대학교 방사선학과

요 약

위장조영검사는 X선을 사용하는 검사로 검사 부위 외의 다른 장기의 피폭이 발생한다. 위장조영검사에서 갑상선, 수정체, 유방, 생식선 등 생물학적으로 방사선감수성이 상대적으로 높은 표적장기가 주변에 분포되어있기 때문에 방사선 피폭에 대한 방어를 하는 것이 중요하다. 장기별 측정 깊이의 선택이 가능한 전신 팬텀을 제작하고 안구, 갑상선, 유방, 생식선의 방사선 피폭선량을 측정하였다. 투시만 시행하였을 경우 수정체, 갑상선, 유방, 생식선의 평균 피폭선량의 감소는 62.2%로 나타났고, 투시와 Spot 촬영을 동시에 시행하였을 경우 수정체, 갑상선, 유방, 생식선의 평균 피폭선량의 감소는 59.0%로 나타났다. 따라서 위장조영검사 시 수정체, 갑상선, 유방, 생식선의 차폐가 이들의 피폭선량 감소에 효과가 있었다는 것을 확인할 수 있었다. 제작한 인체 팬텀은 인체에 위치한 장기에 해당하는 높이를 조절할 수 있기 때문에 심부선량 측정에 사용될 수 있을 것이다.

중심단어: 위장조영검사, 피폭선량, 차폐체

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	임병학	대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과	대학원생
(교신저자)	천권수	대구가톨릭대학교 방사선학과	교수