

우리나라 종합검진 프로그램의 방사선 노출

김현종, 김정원, 이수형, 김주연, 김무영

서울의료원 가정의학과

Radiation Exposure through Private Health Examinations in Korea

Hyun-Jong Kim, Jung-Won Kim, Soo-Hyung Lee, Joo-Yeon Kim, Moo-Young Kim

Department of Family Medicine, Seoul Medical Center, Seoul, Korea

Background: Due to the increase in general health examination centers, health examination programs are becoming more diversified in Korea. Some of the general health examination tests, such as computed tomography, result in substantial levels of radiation exposure. However, the amount of radiation exposure from these examinations has not been studied in Korea. Thus, the aim of this study was to investigate the level of radiation exposure from general health examinations.

Methods: Through the Korean Hospitals Association website and portal sites, 296 general health examination facilities were included in the study. The information about whether radiation-related tests are included in the health examination program of each facility was collected from their internet website. The radiation exposure dose for each test was obtained from the Database Construction Report by the Korean Institute of Nuclear Safety.

Results: The mean base exposure dose of health examination programs from 296 health facilities was 2.49 ± 2.50 mSv. The mean maximum exposure dose was 14.82 ± 9.55 mSv (maximum 40.1 mSv). The maximum exposure dose was the highest at university-associated hospitals (21.63 ± 7.54 mSv) and lowest at hospitals with ≤ 30 beds (7.84 ± 7.64 mSv). The contribution of computed tomography on the maximum exposure dose was the highest of all examinations (72%).

Conclusions: This study verified that examinees are exposed to substantial levels of radiation during general health examinations. It is necessary to establish evidence-based screening programs considering radiation exposure during general health examinations.

Korean J Health Promot 2015;15(3):136-140

Keywords: Radiation, Health examination, Tomography, X-ray computed

서 론

건강검진은 무증상자를 대상으로 과학적으로 입증된 효과적인 선별검사와 의학적 평가를 실시하여 질병을 조기에 발견하고 예방하며 나아가 개인의 건강을 증진시키기 위해 도입되었다.¹⁾ 최근 우리나라에서도 암과 심혈관 질환

의 사망률 및 유병률이 증가하면서 건강검진이 국민 보건상 중요한 문제로 대두되어 국가와 개인 차원에서 광범위하게 시행되고 있다.²⁾

개인종합검진은 1990년대 들어 대형 종합병원을 중심으로 다양한 검사가 포함된 형태로 경쟁적으로 도입되기 시작했으며, 2011년 국민건강통계에 따르면 우리나라 만 19세 이상 인구의 51.8%가 최근 2년 이내에 건강검진을 받았으며, 이 중 9.2%가 개인종합검진을 받은 것으로 나타났다.³⁾ 이러한 개인종합검진에는 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT), 양전자 방출 단층촬영(positron emission tomography, PET)과 같은 상당량의 방사선 피폭을 동반하

■ Received : March 2, 2015 ■ Accepted : August 25, 2015

■ Corresponding author : **Moo-Young Kim, MD**
Department of Family Medicine, Seoul Medical Center, 156
Sinnae-ro, Jungnang-gu, Seoul 02053, Korea
Tel: +82-2-2276-8673, Fax: +82-2-2276-8533
E-mail: moowija@hanmail.net

는 검사들이 포함되어 있으나 아직까지 이에 대한 체계적인 조사가 이루어진 바는 없다.

후쿠시마 원전 사고 이후 우리나라 국민들의 방사선 피폭에 대한 관심은 크게 증가하였으나, 아직까지 개인종합검진과 관련된 방사선 노출에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 국내 개인종합검진 프로그램의 방사선 노출량을 조사하고자 수행되었다.

방 법

1. 연구대상

2013년 6월 현재 대학병원협회 홈페이지에서 병원검색에 등록되어 있는 종합병원 200개, 대학병원 70개, 병원 401개와 검색사이트 네이버, 다음, 네이버에서 검색된 검진전문의원 32개를 1차 조사 대상으로 하였다. 이 중 인터넷 상에서 홈페이지가 폐쇄되었거나 종합검진 검사 항목을 명확하게 확인할 수 없는 의료기관은 대상에서 제외하고 최종적으로 대학병원 검진센터 56개, 종합병원 검진센터 118개, 병원 검진센터 100개, 검진 전문기관 22개를 합해 총 296개의 검진기관을 대상으로 검진 항목을 조사하였다. 종합병원은 100병상 이상인 의료기관으로 병원은 병상 수가 30병상 이상 100병상 미만인 의료기관으로 정의하였다.

2. 조사 방법

각 병원에서 운영하는 종합검진센터의 인터넷 홈페이지를 통해 현재 시행하고 있는 검진 프로그램 검사 항목 중 수검자가 방사선에 노출되는 단순방사선촬영, 유방촬영, 골밀도검사, 상부위장관조영술, 대장조영술, CT, PET 검사의 포함 여부를 조사하였다.

조사된 검사 항목들은 해당 검진센터의 모든 검진프로그램에 포함되어 있는 기본 검사와 선택적으로 받을 수 있는 선택 검사로 구분하였으며, 기본 검사에 의한 방사선 노출량을 기본 노출량으로 선택 검사를 포함하여 해당 검진센터의 검진 프로그램을 통해 받을 수 있는 최대 방사선 노출량을 최대 노출량으로 정의하였다.

개별 검사 항목의 방사선 노출량은 한국 원자력 안전 기술원의 국민 피폭선량 종합 데이터베이스 구축 보고서의 내용을 참고로 하여 계산하였다(흉부 단순방사선 촬영, 0.02 mSv; 유방촬영술, 0.27 mSv; 골밀도검사, 0.004 mSv; 상부위장관조영술, 2.6 mSv; 대장조영술, 7.2 mSv; 복부 CT, 10 mSv; 흉부 CT, 8 mSv; 저선량 폐 CT, 1 mSv; 척추 CT, 4 mSv, 전신 PET, 7.03 mSv).⁴⁾

3. 통계분석

기본 노출량과 최대 노출량이 정규분포를 보이지 않아, 검진기관 지역 및 유형에 따라 기본 노출량과 최대 노출량을 비교하기 위해 Kruskal-Wallis 검정을 시행하였고 사후검정은 Mann-Whitney 검정과 Bonferroni 보정법을 적용하여 분석하였다. 검진기관 유형별 CT, PET 검사 포함 여부는 카이제곱 검정을 통해 비교하였다. 통계분석은 PASW 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

결 과

1. 표본의 특성

전국 296개의 검진 기관을 대상으로 조사가 이루어졌다. 검진 기관이 위치한 지역을 살펴봤을 때 서울에 위치한 검진 기관이 29.1%, 광역시에 위치한 기관이 27.4%로 나타났다. 검진 기관이 소속된 의료 기관을 살펴봤을 때 대학병원 검진기관이 18.9%, 종합병원 검진기관은 39.9%, 의원급 검진전문 기관은 7.4%를 차지했다. CT와 PET을 모두 검진 항목에 포함시킨 검진 기관은 전체의 25.3%로 나타났다. CT를 검진 항목에 포함되어 있는 기관은 전체의 82.8%로 조사되었다(Table 1).

2. 종합검진 프로그램의 방사선 노출량

전체 296개 검진센터의 종합검진 프로그램의 기본 노출량은 평균 2.49 ± 2.50 mSv, 최대 노출량은 평균 14.82 ± 9.55 mSv로 조사되었다. 최대 노출량이 30 mSv 이상인 검진 기

Table 1. General characteristics of the health examination centers

Variable	Classification	The number of samples	Percentage
Area of hospitals	Seoul	86	29.1
	Gyeonggi	46	15.5
	Metropolitan city	81	27.4
	Others	83	28.0
Type of hospitals ^a	University hospitals	56	18.9
	General hospitals	118	39.9
	Hospitals	100	33.8
	Specialized clinics	22	7.4
Available CT		245	82.8
Available CT and PET		75	25.3

Abbreviations: CT, computed tomography; PET, positron emission tomography.

^aGeneral hospitals: medical facilities with more than 100 beds; Hospitals: medical facilities with more than 30 beds; Clinics: medical facilities only for outpatients.

Table 2. Radiation exposure dose according to the area of the health examination center^a

Variable	Area of hospital				P ^b
	Seoul (n=86)	Gyeonggi (n=46)	Metropolitan city (n=81)	Others (n=83)	
Base exposure dose (mSv)	1.92±1.38	2.37±3.10	2.65±2.08	2.98±3.22	0.049
Maximum exposure dose (mSv)	15.54±10.60	14.31±7.45	15.07±10.24	14.14±8.81	0.895

Abbreviation: mSv, milliSieverts.

^aValues are presented as mean±SD.

^bCalculated by Kruskal-Wallis test.

Table 3. Radiation exposure dose according to the type of hospital^a

Variable	Type of hospital ^d				P
	University hospitals (n=56)	General hospitals (n=118)	Hospitals (n=100)	Clinics for medical examination (n=22)	
Base exposure dose (mSv)	2.78±2.05	2.59±2.23	2.14±3.18	2.81±0.60	<0.001 ^b
Maximum exposure dose (mSv)	21.63±7.54	16.61±8.45	7.84±7.64	19.75±7.76	<0.001 ^b
Available CT	55 (98.2)	111 (94.1)	57 (100.0)	22 (100.0)	<0.001 ^c
Available PET	38 (67.9)	25 (21.2)	3 (100.0)	9 (40.9)	<0.001 ^c

Abbreviations: mSv, milliSieverts; CT, computed tomography; PET, positron emission tomography.

^aValues are presented as N (%) or mean±SD.

^bCalculated by Kruskal-Wallis test.

^cCalculated by Chi-square test.

^dGeneral hospitals: medical facilities with more than 100 beds; Hospitals: medical facilities with more than 30 beds; Clinics: medical facilities only for outpatients.

관이 31개(10.5%)인 것으로 조사되었고, 최대 노출량이 가장 높은 검진 기관의 노출량은 40.1 mSv에 달하는 것으로 나타났다.

1) 검진기관이 위치한 지역에 따른 방사선 노출량(Table 2)

검진기관이 위치한 지역에 따라 기본 노출량에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나(P=0.049), 최대 노출량은 유의한 차이를 보이지 않았다(P=0.895). 사후 분석에서 지방에 위치한 검진기관의 기본 노출량이 2.98±3.22 mSv로 서울 지역의 검진 기관의 1.92±1.38 mSv 노출량에 비해 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다(P=0.084).

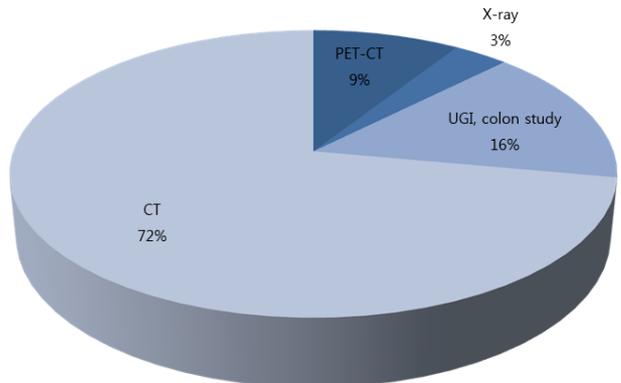
2) 검진기관이 소속된 병원 분류에 따른 방사선 노출량 (Table 3)

기본 노출량은 검진센터가 속해 있는 병원 분류에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다(P=0.360). 최대 노출량의 경우 대학병원 소속 검진센터가 21.63±7.54 mSv로 가장 높게 나타났고, 다음으로 검진 전문 기관이 19.75±7.76 mSv, 종합병원 소속 검진기관이 16.61±8.45 mSv, 병원 소속 검진 기관이 7.84±7.64 mSv 순으로 나타났다(P<0.001).

3. 각 검사의 최대 노출량에 대한 기여도

최대 노출량 전체에 대한 각 검사의 기여율은 CT (72%), 조영(16%), PET (9%), X-ray (3%) 순으로 나타났다(Fig. 1). CT 내 각 부위별 기여도는 복부(39.0%), 흉부(32.2%), 심

Figure 1. Contribution of each examination on maximum effective dose. Abbreviations: PET, positron emission tomography; CT, computed tomography; UGI, upper gastrointestinal series.



혈관조영(19.5%), 뇌(2.5%), 요추(2.5%), 저선량 폐(1.3%), 경추(1.1%) 순으로 나타났다.

고 찰

본 연구에서 개인종합검진을 통해 기본적으로 노출될 수 있는 방사선량은 평균 2.49±2.50 mSv, 선택 검사에 따라 최대 노출될 수 있는 방사선량은 14.82±9.55 mSv로 조사되었다. 우리 국민이 연간 피폭되는 방사선량은 평균 3.6 mSv 정도로 알려져 있어,⁴⁾ 개인종합검진을 받는 피검진자는 우리나라 국민이 1년에 받는 평균 방사선 노출량의 최대 4배 가량의 방사선에 한 번의 검진을 통해 노출될 수 있는 것

으로 나타났다.

조사 대상 검진 기관의 72%가 서울과 경기, 광역시에 집중되어 있는 것으로 나타났고, 지역별로 최대 노출량에는 차이가 없었으나, 기본 노출량은 지방에 있는 검진 서울에 위치한 검진 기관에 비해 높은 것으로 나타났는데(2.98 ± 3.22 mSv vs 1.92 ± 1.38 mSv), 이는 지방에 위치한 검진 기관이 CT를 기본 검진에 포함시킨 비율이 높기 때문인 것으로 생각된다(CT, 7.2% vs 1.2%, $P=0.061$).

검진 기관이 소속된 병원 분류에 따른 최대 방사선 노출량은 대학병원, 검진 전문기관, 종합병원, 병원 순으로 나타났다는데, 이는 대학병원과 검진 전문기관이 다른 기관에 비해 방사선 노출량이 많은 CT와 PET을 검진 항목에 포함시키고 있기 때문으로 분석된다(Table 3).

고선량 방사선 피폭에 의한 확정적 영향과 발암 유발에 대해서는 잘 알려져 있으나, 100 mSv 이하의 저선량 방사선 노출이 인체에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 아직까지 논란이 있다.⁵⁾ 하지만 미국 National Research Council의 저선량 방사선의 생물학적 영향(health risks from exposure to low levels of ionizing radiation, biological effects of ionizing radiation VII) 보고서는 암 발생 위험이 저선량에서도 문턱값(threshold) 없이 최소 선량에서도 인간에게 추가위험의 증가를 일으킬 수 있다는 문턱값 없는 선형비례론(linear-no threshold model)을 지지하고 있다. 이 모델에 따르면 100 mSv의 방사선에 1회 노출된 사람의 100명 중 1명은 이 방사선 노출로 인해 암에 걸릴 수 있다고 계산하고 있다.⁶⁾ 이 보고서에 기반한 우리나라 원자력 안전법 시행령에서도 일반인에게 허용된 연간 방사선 노출량은 1 mSv이며, 방사선작업종사자에서 연간 50 mSv 이하임을 고려할 때, 본 연구에서 조사된 개인종합검진으로 인한 방사선 노출량이 결코 안전한 수준이라고 할 수 없다.⁷⁾ 더욱이 검진으로 인한 방사선 노출은 매년 누적될 수 있으며, 일부 검진기관에서는 여러 부위의 CT와 전신 PET을 동시에 선택할 경우 40 mSv 이상의 방사선에 노출될 수 있는 것으로 조사되어 검진 항목 선정 시 방사선 노출에 대한 고려가 반드시 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 최대 노출량에 대한 검사별 기여도는 CT가 72.1%로 단연 주요한 노출원으로 조사되었다. CT에 의한 방사선 노출량은 신체 부위에 따라 단순 방사선촬영의 100에서 500배에 이르는 것으로 알려져 있으며,⁸⁾ 흡연력이 있는 폐암 고위험군에 대한 저선량 폐 CT 외에 다른 부위의 CT는 선별검사로서의 효과에 대한 근거가 부족하다.⁹⁾ 평균 7 mSv 가량의 방사선 노출이 발생하는 전신 PET 검사도 최근 전신의 암 조기 발견을 목적으로 일부 대형병원에 소속된 검진기관과 검진 전문기관의 검진 항목에 포함되어 있는 것으로 나타났으나(Table 3), 선별검사로서의 효용

성에 대해서는 알려진 바 없다.¹⁰⁾

과도한 선별검사는 방사선 노출 문제 외에도 비용 문제, 위양성으로 인한 추가 검사 및 심리적 부담, 사망률에 영향을 미치지 않는 질환에 대한 조기발견으로 인해 발생하는 Lead-time 비फल 등 다양한 문제를 야기할 수 있어 세계 각국에서는 자국 실정에 맞는 선별검사 권고안을 마련하여 발표하고 있으며, 우리나라에서도 대한가정의학회에서 우리나라 상황에 맞는 선별검사를 정리하여 2009년 한국인의 평생건강관리 지침을 발표하였으나, 그 지침과 실제 종합검진 프로그램 사이에는 큰 괴리가 있다.¹¹⁾

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째로 인터넷 홈페이지를 통하여 검사 항목을 조사하였기 때문에 조사된 항목이 피검진자가 받는 실제 검사 항목과 차이가 있을 수 있다는 점이다. 다음으로 본 연구에서 인용한 검사별 방사선 노출량과 실제 검사를 통한 방사선 노출량이 다를 수 있다. 이는 기구의 노쇠와 검사 시 피폭 저감화 방법의 사용 여부에 따라 피폭량이 현저하게 달라질 수 있기 때문이다.⁸⁾

본 연구를 통해 우리나라에서 성행하고 있는 개인종합검진을 통해 상당량의 방사선에 노출될 수 있음을 확인하였다. 향후 방사선 노출에 대한 고려를 포함한 근거에 기반한 검진 프로그램의 확립이 필요하다.

요 약

연구배경: 개인종합검진의 양적인 성장과 동시에 검진센터에서 시행하는 검사의 종류도 다양화되고 있다. 개인종합검진의 검사 항목에는 컴퓨터 단층촬영(CT), 양전자 방출 단층촬영(PET)과 같은 상당량의 방사선 피폭을 동반하는 검사들이 포함되어 있으나 아직까지 개인종합검진과 관련된 방사선 노출에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 국내 개인종합검진 프로그램의 방사선 노출량을 조사하고자 수행되었다.

방법: 대한병원협회 홈페이지와 포털 사이트를 통해 검색된 대학병원, 종합병원, 병원 부설 종합검진센터와 의원급 검진 전문 기관을 포함한 총 296개의 검진기관을 조사 대상으로 하였다. 각 기관에서 운영하는 인터넷 홈페이지를 통해 현재 시행하고 있는 검진 프로그램 검사 항목 중 수검자가 방사선에 노출되는 X-ray, 골밀도 검사, 조영검사, CT, PET-CT 시행 여부를 조사하였으며, 방사선 노출량은 한국 원자력 안전 기술원의 국민 피폭선량 종합 DB 구축 보고서의 자료를 이용하여 환산하였다.

결과: 전체 296개 검진센터 개인종합검진 프로그램의 기본 노출량은 평균 2.49 ± 2.50 mSv, 최대 노출량은 평균 14.82 ± 9.55 mSv (최대값 40.1 mSv)로 조사되었다. 검진기관

이 소속된 기관별 최대 노출량은 대학병원(21.63±7.54 mSv), 검진 전문 기관(19.75±7.76 mSv), 종합병원(16.61±8.45 mSv), 병원(7.84±7.64 mSv) 순으로 높은 것으로 나타났다($P<0.001$). 최대 노출량의 검사별 기여도는 CT가 72% 정도로 가장 높았다.

결론: 본 연구를 통해 개인종합검진을 통해 상당량의 방사선에 노출될 수 있음을 확인하였다. 향후 방사선 노출에 대한 고려를 포함한 근거에 기반한 검진 프로그램의 확립이 필요하다.

중심 단어: 방사선, 건강검진, 전산화단층촬영

REFERENCES

1. Seo HG. Periodic health examination in its historical perspectives. *Uisahak* 1999;8(1):79-89.
2. Jo BR, Ahn EM. Present Status and problems of health screening program in Korea. *Health and Welfare Forum* 2013;48-54.
3. Division of Healthcare Policy, Ministry of Health & Welfare. *Korea Health Statistics 2011: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-2)*. Seoul: Ministry of Health & Welfare; 2012. [Accessed March 2, 2015]. <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>.
4. Lee JK, Kwon JW, Jang HG, Jung JH, Kim WR, Park SH, et al. Design and construction of a radiation dose database for Korean population. *Korea Institute of Nuclear Safety*; 2005.
5. Do KH. The health effects of low-dose radiation exposure. *J Korean Med Assoc* 2011;54(12):1253-61.
6. Kaiser J. Epidemiology. Radiation dangerous even at lowest doses. *Science* 2005;309(5732):233.
7. Korea Occupational Safety and Health Agency. *KOSHA GUIDE(H - 62 - 2012)*. p.7.
8. Smith-Bindman R. Is computed tomography safe? *N Engl J Med* 2010;363(1):1-4.
9. Wender R, Fontham ET, Barrera E Jr, Colditz GA, Church TR, Ettinger DS, et al. American Cancer Society lung cancer screening guidelines. *CA Cancer J Clin* 2013;63(2):107-17.
10. The Korean Academy of Family Medicine. *Lifetime health maintenance program for Koreans*. 3rd ed. Seoul: The Korean Academy of Family Medicine; 2009. p.41-42.
11. Yang HJ, Lee JS, Kim JS, Lee JK. Evaluation of scientific evidence for health screening tests provided by some hospitals in Korea. *J Korean Acad Fam Med* 2006;27(9):723-32.