

## 3

## 치과방사선영상 검사는 위험한 술식인가?

원광대학교 치과대학 영상치의학교실, 원광치의학연구소

이 병 도

## ABSTRACT

## Are dental radiographs dangerous?

Department of Oral & Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Wonkwang University,  
 Wonkwang Dental Research Institute  
 Byung-Do Lee

Radiographs can help in the diagnosis and treatment planning, but the exposure to ionizing radiation may elevate the risk of developing cancer in a person's lifetime.

The objective of this review is to briefly summarize 1) radiation risk, especially cancer risks associated with diagnostic imaging, 2) linear, non-threshold (LNT) hypothesis, 3) the risks of radiation exposure to a fetus, and 4) the campaign of Image Gently. The individual risk of radiation-related cancer from any single medical imaging procedure is extremely small and it is not likely to be cancer risk at doses lower than 100 mGy, but patients may be harmed by avoiding diagnostic imaging due to fear of radiation hazard. Dentists need to understand the radiation doses delivered by various radiographic techniques and the acceptable exposure thresholds to effectively advise the patient and to reduce the unnecessary radiation

Key words : Radiography, Dental, Carcinogenesis, Low dose,

Corresponding Author

이병도 (eebydo@wonkwang.ac.kr)

이 논문은 2013 학년도 원광대학교 교비 지원에 의해 연구되었음

최근 방사선 노출에 대한 일반 국민들의 관심이 높아졌다. 2011년 3월 동일본 후쿠시마 원전사고는 방사선 피폭에 대한 우리나라 국민들의 사회적인 관심을 불러 모았으며, 이후 일본 수산물의 안정성과 일본으

로의 여행 위험성 등에 대한 논란이 지속된 바 있다. 또한 의료기관에서의 방사선 영상 촬영, 특히 전산화 단층촬영장치(CT)의 사용 빈도가 매년 증가하면서<sup>1)</sup> 방사선 노출 위험성에 대한 환자들의 문의가 증가하는

추세이다.

우리 인류는 양성자, 중성자 등의 우주선과 지표면의 라돈 가스 등 자연방사선에 의해 상시 노출되어 피폭되고 있다. 그 피폭선량은 연 평균 2.4 mSv 정도로 매우 적지만<sup>2)</sup> 지역에 따른 편차가 존재한다<sup>3, 4)</sup>. 환자 진단에 사용되는 의료방사선(X선, 감마선 등)은 인간의 필요에 의해 생성된 인공방사선이며, 신체에 생물학적 효과를 유발하는 전리방사선(ionization radiation)이기 때문에 사용에 신중을 기하여야 한다. 최근 그 사용량이 급증하여 1980년대에 1인당 개인 피폭량의 15%에 불과하던 의료방사선은 2006년에는 50%로 그 비중이 증가하였다<sup>5)</sup>. 환자들은 방사선 촬영으로 인한 신체적 위해(hazard)는 아마도 없을 것이라는 막연한 믿음과 추측을 가지고 촬영에 임하고 있다. 그러나 영상 촬영이 필요하다는 것을 인지하면서도 여전히 환자들은 “나의 방사선 피폭은 전혀 문제가 없는 것인가?”, “우리 아이는 특히 방사선에 민감한 것이 아닌가?”, “임신기간 중 방사선 촬영은 안전한 것인가?” 등의 생각으로 불안해 하는 경향이 있다. 한편 치과의사들은, 치과방사선량은 무시할 정도로 작다는 선입관을 가지면서도 “지금 촬영하고 있는 방사선 피폭량의 절대량은 어느 정도이고, 환자에게 어느 정도의 위험성을 가하는가?”, “무엇이 환자에게 위험하다는 것인가?”, “Medical CT 등이 미리 촬영된 상태라면 누적효과가 적용되는가?”, “치과방사선 촬영 시 방사선 방어가 항상 필요한가?” 등의 의문을 가지고 있을 것이다.

치과 방사선영상 촬영술은 가장 빈번하게 사용되는 의료방사선 검사 방법 중의 하나이며 최근에는 파노라마방사선영상 및 콘빔형전산화단층촬영(Cone Beam CT)의 사용이 증가하고 있는 추세이므로 치과방사선 피폭문제에 대한 관심을 새롭게 가질 필요가 있다고 생각한다.

본 소고의 목적은 치과의사들이 진단영역의 저선량 방사선의 위험성을 이해하는데 조금이나마 도움을 주

고자 함이며, 환자들이 의료방사선에 대한 잘못된 정보들을 가짐으로써 야기되는 지나친 우려를 방지하고자 함이다.

## I. 진단용 방사선의 발암위험성 및 “문턱 없는 선형”(Linear Non-Threshold, LNT) 가설

고선량(1 Gy 이상)<sup>6)</sup>의 방사선에 신체가 피폭되는 경우 발암(carcinogenesis) 가능성과<sup>7)</sup> 함께 피부홍반<sup>8)</sup>, 백내장<sup>9, 10)</sup>, 방사선골괴사<sup>11)</sup> 등 확정적 효과(deterministic effect)가 나타날 수 있다. 저선량(수  $\mu$ Gy - 10 mGy)인 진단방사선에 인체가 노출되는 경우에는 위와 같은 신체 조직의 상해는 발생되지 않으나<sup>12)</sup> 암이나 유전효과 등의 발생 가능성이 있으며<sup>13)</sup>, 이 중 유전효과는 저선량영역에서 보고되고 있지 않는 상황이기 때문에 주로 발암과 관계된 내용들이 관심의 대상이 되고 있다.

방사선에 의한 발암 작용과 관련된 연구<sup>14)</sup>로는 다양한 동물실험, 고선량에 노출된 방사선 작업자들과 방사선 치료 환자들에 대한 추적조사, 히로시마 원폭 생존자들에 대한 연구<sup>15, 16)</sup> 등이 있다. 여러 선학들의 보고에 의하면 100 mSv (1 mSv = 1 mGy for X-rays,  $\gamma$ -ray) 이상의 피폭에 의해 암이 발생될 수 있지만 그 이하 선량에서는 발암이 확인이 되지 않고 있다는 보고들이 있다<sup>17, 18)</sup>. Brenner 등<sup>18)</sup>에 의하면 원자폭탄 투여와 같은 1회성 다량의 방사선에 피폭(acute dose)되는 경우, 발암 가능성의 문턱(threshold) 선량은 약 50 mSv 정도이며, 정기적으로 분할되어 피폭되는 경우(chronic dose)에는 100 mSv로 발암 한계 선량이 증가된다고 보고한 바 있다.

10 mSv 이하의 저선량 방사선에 의해 염색체 재배열<sup>19)</sup> 등 세포 수준에서의 이상(aberration)이 보고

되었으나, 연구대상 코호트의 크기 적정성, 특정 질병에 민감한 개인의 유전적 취약성의 차이, 방사선 이외의 다양한 발암원 등 다양한 요인들이 걸림돌로 작용하고 있어 방사선 피폭 효과 증명이 쉽지 않다. 이와 같이 저선량 방사선에 의한 발암 가능성은 불확실하기 때문에 저선량 영역에서 방사선 방호를 위한 근거 필요성이 제기되었으며 “문턱 없는 선형” (Linear Non-Threshold, LNT) 가설이 제시되었다<sup>6, 20, 21</sup>. 과학적으로 검증되지 않은 영역인 100 mSv 이하의 노출선량에 대해서 그 선량에 비례하는 만큼 위험이 수반될 것으로 가정하며 고선량 방사선 영향 결과를 외삽 (extrapolation)하여 발암 위험성을 추론하고 있는 점이 LNT 가설의 주요 내용이다<sup>22, 23</sup>. 국제방사선방호위원회 (International Commission on Radiological Protection, ICRP)<sup>9</sup>의 방어 원칙은 이와 같은 LNT 가설에 의존하고 있으며, 이에 대한 논란들<sup>6, 24</sup>이 있지만 현재 방사선 방어 정책을 수립하는데 주요한 근거를 이루고 있다<sup>22</sup>.

Medical CT는 1회당 노출량이 두개 안면 부위는

0.5 mSv - 3 mSv, 골반 CT는 약 10 mSv 정도이며<sup>25</sup> 과도하게 반복 처방되면 누적되어 한계선량인 100 mSv를 초과하게 되어 발암가능성이 증가될 수 있으므로<sup>14</sup> 주의를 요한다. 치과용 콘빔 CT의 경우 회당 노출량은 기종에 따라 약 19-1,073  $\mu$ Sv 정도로 다양하며 파노라마, 구내촬영의 선량과 (Table 1)<sup>26</sup> 비교하면 피폭량이 상대적으로 많으므로 적절한 방사선 선택지침 (radiographic selection criteria) 등을 사용하여 불필요한 방사선 촬영이 이루어지지 않도록 주의해야 한다.

## II. 임신 및 소아의 피폭 위험성

임신기간중 태아에 대한 피폭은 기형을 유발 (teratogenesis)할 수 있거나 발암 (carcinogenesis)의 가능성이 있다. 기형의 위험도는 150 mGy - 200 mGy 이상의 선량에서 증가하며, 고형암 (solid tumor)과 백혈병을 유발한다는 연구들이

Table 1. Effective dose of various dental radiography

방사선검사	유효선량 ( $\mu$ Sv)
구내방사선검사	
직사각형 시준기	
구치부 교익촬영 (PSP, F군필름)	5
전악 구내방사선검사 (PSP, F군필름)	35
전악 구내방사선검사 (CCD센서)	17
원형 시준기	
전악 구내방사선검사 (D군필름)	388
전악 구내방사선검사 (PSP, F군필름)	171
전악 구내방사선검사 (CCD센서)	85
구외방사선검사	
파노라마방사선검사	9-24
두부규격방사선검사	2-6
CBCT	
Large FOV	68-1,073
Medium FOV	45-860
Small FOV	19-652

있다<sup>27, 28)</sup>. 태아가 100 mSv를 초과하는 방사선에 노출되는 경우 태아 기형이 발생할 수 있다고도 알려져 있으나<sup>29)</sup> 대부분의 치과 진단용 방사선은 1 mSv 이하의 피폭량을 보이므로 신체기형, 정신발달 지체와 같은 영향을 우려하지 않아도 되며, 임신기간 중 치과 방사선 검사를 받았다는 이유로 임신중절 등의 시술을 받는 것은 옳지 않다. 또한 치과 방사선 촬영의 경우 대부분의 방사선이 산모의 복부와는 일정거리가 유지되고 있고, 상악 전치부 치근단 촬영과 같이 방사선이 하방으로 조사되는 경우에도 복부에 도달되는 것은 대부분이 산란선이므로<sup>13)</sup> 태아에 미치는 영향은 극히 미미할 것으로 예상된다. 그러나 골반 투시촬영 등은 높은 태아 선량을 발생시키므로 이때에는 전문가와의 상담이 반드시 필요하다<sup>29)</sup>. 한편 산모가 100 mGy 이상의 고선량의 방사선에 불가피하게 노출된 경우, 임신기간 (gestational age)이 배아 및 태아 예후에 중요한 역할을 한다. 즉 임신 기간 중 첫 3개월에 배아가 고선량의 방사선에 노출되면 착상 실패 등이 나타날 수 있으며, 임신 중기에는 선천적 기형이나 정신지체 등이 나타날 수 있다. 그러나 임신 후기에는 태아 기관이 이미 형성되어 있기 때문에 그 영향이 미미한 편이라고 보고되었다<sup>30)</sup>. 치과병원에는 아동이 치아우식증, 교정적인 문제 등으로 내원하여 방사선영상 촬영을 하는 빈도가 상대적으로 높으므로 아동 피폭에 대해 주의할 필요가 있다. 그리고 소아는 성인에 비해 방사선 피폭에 더욱 민감한데 그 이유는 미분화된 세포가 많고 남은 여생이 훨씬 길기 때문에 방사선 피폭에 의한 발암 가능성이 커지기 때문이다<sup>18)</sup>.

### Ⅲ. 방사선 방호와 Campaign of Image Gently

전문가 입장에서는 모든 과학적인 사안이 불확실성 속에서 통제될 수 밖에 없지만 일반인은 확실성 (zero

uncertainty)을 추구하기 때문에 어떤 불확실성이라도 회피하고 싶어한다. 따라서 과학에 대한 대중의 이해도를 높이기 위한 방사선커뮤니케이션 캠페인을 실행하는 것이 필요하다<sup>31, 32)</sup>.

미국구강악안면방사선학회 (American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology)에서 주창하고 있는 Image Gently 캠페인<sup>33)</sup>은 이와 같은 맥락에서 진행하고 있는 학회 홍보활동이며 그 주장하는 바는 다음과 같다. 첫째 방사선 처방은 통상적 (routine)으로 처방되는 것보다는 개개인의 필요성, 임상적인 상황에 따라 달라져야 한다는 것이다. 이는 방사선 영상 선택 기준과 관련되며, 정당화 (justification) 과정에 근거해야 한다. 둘째, 감광도가 높은 상수용기를 선택한다. 필름을 사용하는 경우 D군 보다는 할로겐화 입자 크기가 큰 E 혹은 F군을 선택하면 방사선영상 촬영시의 노출시간을 단축시킬 수가 있다. 셋째 촬영하고자 하는 부위에 알맞은 X선 속 (X-ray beam)의 크기와 모양을 제한할 필요가 있으며 원형보다는 직사각형의 시준기 (collimator)를 (Figure 1) 사용하면 불필요한 부위의 노출을 감소시킬 수 있다. 넷째, 항상 갑상선 보호대를 착용시켜야 한다. 치과 방사선 사진 촬영시 갑상선은 조사영역에 포함될 수 있고 포함이 안된 경우에도 산란 방사선이 영향을 미칠 수 있으므로 갑상선 보호대를 이용해 방어해야 한다. 치과방선에 의한 갑상선암 발병 가능성에 대한 연구도 진행된 바 있다<sup>34)</sup>. 환자의 생식기와 복부를 방어하기 위해 납방어복을 사용하는데 최소 0.25mm 납 두께가 필요하다고 보고된 바도 있으나<sup>35)</sup> 최근에는 이의 유용성에 대한 논란이 존재한다<sup>36)</sup>. 그 외에도 소아 촬영 시에 노출시간은 되도록 감소시키는 것이 좋다는 내용이 있다. 콘빔 CT는 필요한 경우에만 처방을 해야 한다는 내용은 위의 방사선영상 선택기준과 관계가 있는 내용이다.



Fig. 1. Rectangular collimator attached to X-ray tube. Rectangular collimation can reduce the radiation exposure effectively by the limiting the size and shape of X-ray beam

#### IV. 결론 및 제언

최근 일부 국민들은 방사선 촬영에 대해 불안감을 갖고 있으며 이는 방사선위험도의 불확실성과 불안의 문제와 연결된다. 일부 연구에 의하면 우리나라 사람들은 원자력을 포함한 방사선에 대해 부정적인 인식을 갖고 있는 것으로 나타나고 있으며<sup>37)</sup> 특히 젊은 사람들은 2011년 일본 원전사고 이후 방사선과 의료 방사선에 대해서 부정적인 시각을 보이고 있다<sup>38)</sup>. 진단용 방사선은 주로 발암의 위험성이 있는 것이 문제이며 특히 어린이와 임산부에서 주의를 요한다. 아무리 작은 선량의 방사선이라도 LNT 가설에 의하면 암 발생의 가능성을 배제할 수 없기 때문이다. 의료기관에서 방사선 영상 촬영이 필요한 경우에는 정당화와 최적화 과정을 통해 방사선 피폭을 최소화할 필요성이 있다.

그러나 치과방사선 선량은  $\mu\text{Sv}$  단위로 매우 적은 피폭량을 보이며 적절한 선택지침 선택과 환자에 대한 방사선 방어 원칙 (예: Image gently campaign) 을 준수하면 방사선 위해 (hazard)와 관계된 문제는 없을 것으로 판단된다. 의료방사선에 대한 잘못된 정보들이 여과 없이 전달되면서 의료방사선에 대한 환자들의 지나친 우려 때문에 꼭 필요한 검사를 시행 받지 않는 경우도 있는데 이러한 경우 방사선영상 촬영시의 이득 (benefit)을 설명하고, 그 피폭의 위험성을 정확하게 전달할 필요가 있다고 생각한다.

서론에서 제기하였던 여러 가지 의문점에 대해 표 2와 같이 고찰 결과를 정리하였으며, 본 소고가 임상현장에서 방사선 안전에 관한 환자와의 대화에 도움이 되기를 기대한다. 아울러 방사선 위험도에 대한 많은 논쟁과 고찰이 후속적으로 이루어지길 기대한다.

Table 2. General questionnaires of dentists and patients regarding radiation safety

환자/ 치과의사	의문점	고찰결과
환자	치과 방사선 피폭은 전혀 문제가 없는 것인가?	지나친 우려를 할 필요 없으며 적절한 지침준수시 문제 없는 걸로 보고되고 있음
	혹시 암 발생 확률을 높일수도 있질 않을까?	암 발생 가능성을 배제할 수 없으며 LNT 가설에 근거함
	우리 아이는 특히 방사선에 민감한 것이 아닌가?	어린이는 성인에 비해 민감함
	임신기간중 방사선 촬영은 가능한 것인가?	치과방사선 촬영은 적절한 지침 준수시 큰 문제 없다고 보고되고 있으나, 복부 조영술 등 노출량이 많은 경우에는 촬영여부를 (치과)의사와 상의하는 것이 필요함
치과의사	지금 촬영하고 있는 치과 방사선 피폭량의 절대량은 어느정도인가?	표 1 참조 (micro Sv 수준)
	무엇이 환자에게 위험하다는 것인가?	발암 가능성 (carcinogenesis)이 문제이며 진단 방사선 영역에서의 인체의 결정적 효과나 유전효과에 대한 학술적 보고는 최근 없었음
	Medical CT등이 미리 촬영된 상태라면 누적효과가 적용되는가?	누적효과 존재하는 것으로 알려져 있음
	치과방사선 촬영시 방사선 방어복이 항상 필요한가?	갑상선보호대 착용은 필요하며 복부 방어복의 실효성에 대해서는 일부의 논란이 존재함

## 참 고 문 헌

- Brenner DJ, Hall EJ. Computed Tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 2007; 357(22): 2277-84.
- Ron E. Cancer risks from medical radiation. *Health Phys.* 2003; 85(1): 47-59.
- Nair RR, Rajan B, Akiba S, Jayalekshmi P, Nair MK, Gangadharan P, Koga T, Morishima H, Nakamura S, Sugahara T. Background radiation and cancer incidence in Kerala, India--Karanagappally cohort study. *Health Phys.* 2009; 96(1): 55-66.
- Hendry JH, Simon SL, Wojcik A, Sohrabi M, Burkart W, Cardis E, Laurier D, Tirmarche M, Hayata I. Human exposure to high natural background radiation: what can it teach us about radiation risks? *J Radiol Prot.* 2009; 29(2A): A29-42.
- Mettler FA, Jr., Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, Lipoti JA, Mahesh M, McCrohan JL, Stabin MG, Thomadsen BR, Yoshizumi TT. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources--1950-2007. *Radiology.* 2009; 253(2): 520-31.
- Brenner DJ. Extrapolating radiation-induced cancer risks from low doses to very low doses. *Health Phys.* 2009; 97(5): 505-9.
- Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res.* 2007; 168(1): 1-64.
- Balter S, Hopewell JW, Miller DL, Wagner LK, Zelefsky MJ. Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair. *Radiology.* 2010; 254(2): 326-41.
- The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP.* 2007; 37(2-4): 1-332.
- Ainsbury EA, Bouffler SD, Dorr W, Graw J,

## 참고 문헌

- Muirhead CR, Edwards AA, Cooper J. Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. *Radiat Res.* 2009; 172(1): 1-9.
- 11 Epstein JB, Wong FL, Stevenson-Moore P. Osteoradionecrosis: clinical experience and a proposal for classification. *J Oral Maxillofac Surg.* 1987; 45(2): 104-10.
- 12 White SC, Mallya SM. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. *Aust Dent J.* 2012; 57 Suppl 1: 2-8.
- 13 Ratnapalan S, Bentur Y, Koren G. "Doctor, will that x-ray harm my unborn child?". *CMAJ.* 2008; 179(12): 1293-6.
- 14 Linet MS, Slovis TL, Miller DL, Kleinerman R, Lee C, Rajaraman P, Berrington de Gonzalez A. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA Cancer J Clin.* 2012; 62(2): 75-100.
- 15 Preston DL, Kusumi S, Tomonaga M, Izumi S, Ron E, Kuramoto A, Kamada N, Dohy H, Matsuo T, Matsui T, et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III. Leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. *Radiat Res.* 1994; 137(2 Suppl): S68-97.
- 16 Preston DL, Cullings H, Suyama A, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K, Kasagi F, Shore RE. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors exposed in utero or as young children. *J Natl Cancer Inst.* 2008; 100(6): 428-36.
- 17 Verdun FR, Bochud F, Gundinchet F, Aroua A, Schnyder P, Meuli R. Quality initiatives\* radiation risk: what you should know to tell your patient. *Radiographics.* 2008; 28(7): 1807-16.
- 18 Brenner DJ, Doll R, Goodhead DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, Lubin JH, Preston DL, Preston RJ, Puskin JS, Ron E, Sachs RK, Samet JM, Setlow RB, Zaider M. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003; 100(24): 13761-6.
- 19 Huang L, Kim PM, Nickoloff JA, Morgan WF. Targeted and nontargeted effects of low-dose ionizing radiation on delayed genomic instability in human cells. *Cancer Res.* 2007; 67(3): 1099-104.
- 20 Valentin J. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. *Ann ICRP.* 2005; 35(4): 1-140.
- 21 Council NR. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR V. Washington, DC: National Academy Press. 1990.
- 22 Preston RJ. Update on linear non-threshold dose-response model and implications for diagnostic radiology procedures. *Health Phys.* 2008; 95(5): 541-6.
- 23 Robertson A, Allen J, Laney R, Curnow A. The cellular and molecular carcinogenic effects of radon exposure: a review. *Int J Mol Sci.* 2013; 14(7): 14024-63.
- 24 Calabrese EJ, Baldwin LA. Hormesis: the dose-response revolution. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 2003; 43: 175-97.
- 25 Conference of Radiation Control Program Directors. Nationwide Evaluation of X-Ray Trends (NEXT): Tabulation and Graphical Summary of 2000 Survey of Computed Tomography. Frankfort, KY: Conference of Radiation Control Program Directors, Inc.; 2007:154.
- 26 대한영상치의학교수협의회. 영상치의학. 제5판. 서울: 나라출판사; 2015
- 27 Furlow B. Radiation protection in pediatric imaging. *Radiol Technol.* 2011; 82(5): 421-39.
- 28 National Research Council. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Level of Ionizing Radiation. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2. Washington, DC: National Academies Press; 2006
- 29 International Commission on Radiological P. Pregnancy and medical radiation. *Ann ICRP.* 2000; 30(1): iii-viii, 1-43.
- 30 Brent RL. Developmental Risks of Radiological Procedures Utilizing Ionizing Radiation During Pregnancy. In: Radiation Protection in Medicine: Contemporary Issues Proceedings of the Thirty-Fifth

## 참 고 문 헌

- Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements. Arlington: NCRP; 1999.
31. Lidskog R. Scientised citizens and democratised science. Re-assessing the expert-lay divide. *Journal of Risk Research*. 2008; 11: 69-86.
  32. Rabinovich A, Morton TA. Unquestioned answers or unanswered questions: beliefs about science guide responses to uncertainty in climate change risk communication. *Risk Anal*. 2012; 32(6): 992-1002.
  33. White SC, Scarfe WC, Schulze RK, Lurie AG, Douglass JM, Farman AG, Law CS, Levin MD, Sauer RA, Valachovic RW, Zeller GG, Goske MJ. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014; 118(3): 257-61.
  34. Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol*. 2010; 49(4): 447-53.
  35. National Health and Medical Research Council. Code of practice for radiation protection in dentistry. Canberra: Australian Government Publishing Service.
  36. National Radiological Protection Board. Guidelines on radiology standards for primary dental care. London: National Radiological Protection Board N.
  37. 이세민, 김영욱. 과학 커뮤니케이션 담론 변화에 따른 참여자 간 상호지향성 연구: 원자력 위험 커뮤니케이션에 대한 일반인과 전문가의 인식 비교. *한국언론학부*. 2012; 56: 31-57.
  38. 김창규. 대학생들의 방사선에 대한 인식도. *한국융합학회논문지*. 2012; 3(11): 27-42.