

구내방사선사진 촬영시의 위험도 평가

치과병원이나 의원에서 가장 많이 사용되고 있는 구내방사선사진 촬영시 이용되는 X선은 저선량방사선에 속하기 때문에 이에 의한 위해 작용을 직접적으로 규명하기는 매우 어렵다. 그동안 많은 동물실험과 역학 조사가 이루어져 왔으나 거의 대부분 고선량방사선에 의한 위해 작용에 관한 것이었으며 저선량방사선의 위해 작용은 이러한 자료를 통계적으로 처리하여 유추해 왔다. 여기서는 그동안 발표되어 왔던 여러 논문들을 근거로 구내방사선사진 촬영시의 위험도를 정리해 보고자 하였다.

저선량방사선이란?

저선량방사선의 정의는 확실히 되어 있지는 않으나 일반적으로 방사선종사자들에게 연간 허용된 선량인 0.05 Sv(5 rem) 까지로 하거나 1988년에 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)에서 제안한 것처럼 선량은 0.2 Gy(20 rads)이하 이면서 선량율은 0.05 mGy (5mrad) /min. 이하인 방사선을 의미한다.

저선량방사선에 의한 생물학적 효과

방사선에 의한 생물학적 효과는 신체적 효과(somatic effect)와 유전적 효과(genetic or heritable effect)로 나눌 수 있으며 특히 저선량방사선에 의한 생물학적 효과는 발암현상(carcinogenesis), 기형발생 (teratogenesis), 돌연변이유발(mutagenesis)이고 그에 따른 건강 효과로는 각각 암, 발육성 장애, 유전적 질병을 들 수 있다.

가. 신체적 효과

방사선에 노출된 후 수시간, 수일 혹은 수주내에 나타나는 급성 효과(acute effect)와 일정한 잠복기가 지난 후 (때에 따라 20년 이상)에 나타나는 만발 효과(long term effect)로 분류할 수 있으나 최근에는 주로 확률적 효과(stochastic effect)와 비확률적 효과(nonstochastic or certa-

inty effect)로 분류한다. 그러나 구내방사선사진 촬영시에는 비확률적 효과가 발생되기는 거의 불가능하므로 여기서는 확률적 효과에 대해서만 언급하고자 한다.

확률적 효과는 1982년 Hulse와 Mole이 사용하기 시작한 고대 그리이스어에서 유래된 명칭으로 선량의 크기가 방사선 효과의 정도(severity)에 영향을 미치는 것이 아니고 발생 확률(probability)에 영향을 미치며 신체적 효과일 수도 있고 유전적 효과일 수도 있다. 확률적 효과는 어느 일정 선량 이하에서는 효과가 발생되지 않는 한계 선량 즉 역치(threshold)가 없는 것으로 알려져 있다. 이 말은 아무리 미세한 선량이라도 효과가 일어날 수 있는 확률이 줄어들기는 하지만 효과가 아주 없지는 않다는 의미이다.

(가) 방사선에 의한 발암 현상

발암 현상은 저선량방사선에 노출된 사람에게 있어서 가장 중요한 생물학적 효과로서 최근의 연구 결과는 저선량방사선에 의한 암 발생 위험도가 이전에 평가되었던 것보다 더 를 수 있음을 제시하고 있다(Table 1 참조). 즉 백만명의 사람에게 0.01 Gy(1 rad)를 전신 조사하였을 경우에

Table 1. Lifetime cancer risks from exposure to low levels of ionizing radiation.

Agencies	Year	Excess fatal malignancies (10^{-6} 10mSv $^{-1}$)
ICRP 26	1977	125
ICRP 60	1990	500
UNSCEAR	1977	75 ~ 175
UNSCEAR	1988	700 ~ 1100*
BEIR III	1980	226
BEIR V	1990	500

* should be reduced by a factor 2-10 in order to compare with UNSCEAR 1977

ICRP : International Commission on Radiological Protection

BEIR : Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation

방사선에 의해 암이 생겨 사망할 수 있는 사람수가 약 500명이 된다는 것이다.

방사선에 의해 발생될 수 있는 암들중 백혈병은 적색골수에 방사선조사시 5년내지 10년후에 나타나며 성인보다는 20세 이하, 특히 어린이에서 위험도가 크다. 성인의 구강악안면 영역에서 적색 골수는 하악골, 두개관, 경추에 분포한다. 갑상선 암은 5% 내지 10%가 사망하는 비교적 양호한 암이나 본래 발생되는 경우처럼 방사선에 의한 경우도 어린이에서 많이 발생되며 여자에서 남자보다 3배 정도 더 발생된다. 이 밖에 끌육종, 식도암, 뇌암, 타액선암 등이 아주 드물기는 하지만 저선량방사선 노출과 관계가 있는 것으로 알려져 있다.

(나) 기형 발생

배아와 태아는 특히 방사선에 민감한 데 그 이유는 이들이 빠른 성장을 하며 면역 체계가 형성되어 있지 않고 거의 언제나 전신 조사를 받기 때문이다. 기형 발생 정도는 임신 기간에 따라 소두증(microcephaly), 정신발육지연 등 다양하나 다행히도 0.05 Sv (5 rem)에서 0.1 Sv (10 rem) 정도의 역치가 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 구내방사선사진 촬영시에는 자궁 선량이 극히 미량이므로 거의 발생되지 않는 것으로 알려져 있다.

나. 유전적 효과

유전적 효과는 방사선에 노출된 개인에서 나타나는 것이 아니라 그 후손에서 나타나는 확률적 효과이다. 특히 연구하기가 어려운 분야로 지금까지 알려져 있는 정보는 주로 쥐를 이용한 실험에서 얻고 있으나 극히 한정되어 있다. 유전과 관련된 질환은 출생시에 분명히 나타나거나 나중에 나타날 수 있으나 기능적인 결함이 미세한 경우에는 알아차리지 못하고 넘어가는 경우도 많을 수 있다. 지금까지의 지식으로는 사람에게서 돌연변이율이 두배가 되기 위해서는 각 사람에게 적어도 낮은 선량율의 방사선 1 Sv가 필요하다. 그러나 기본적인 요구 조건을 만족시킬 수

있는 시설과 장비를 가지고 전악 구내방사선사진을 촬영할 때의 생식선량은 남자에서 $10 \mu\text{Sv}$, 여자에서 $0.01 \mu\text{Sv}$ 내외이므로 치과 방사선사진 촬영시 유전적 효과가 나타날 수 있는 가능성은 신체적 효과에 비해 무시할 만 하다.

구내방사선사진 촬영시의 위험도

진단 목적으로 방사선에 노출되는 경우는 일반 사람들이 매일 생활하면서 받는 모든 배경방사선(background radiation)의 약 11%(0.39 mSv)를 차지하며 이중 치과 치료를 목적으로 방사선에 노출되는 경우는 이것의 약 1%, 즉 모든 배경방사선의 약 0.1%를 차지한다.

가. 발암현상

방사선사진 촬영에서 기인되는 암발생 위험도는 개개 방사선감수성 장기의 위험도를 모두 합한 것이며 각 장기의 위험도는 장기의 사망율 계수(mortality coefficient)와 장기가 받은 선량을 곱해서 얻을 수 있다. Table 2는 ICRP 1990 보고서가 평가한 저선량방사선 노출에 대한 중요 장기의 사망율 계수이며 Table의 내용중 나머지 장기(remainder organ)란 방사선에 민감하긴 하

Table 2. Lifetime mortality

Organ	Fatal probability coefficient (10^{-4}Sv^{-1})
Bladder	30
Bone marrow	50
Bone surface	5
Breast	20
Colon	85
Liver	15
Lung	85
Esophagus	30
Ovary	10
Skin	2
Stomach	110
Thyroid	8
Remainder	50

나 위험도 계수가 너무 낮거나 정확하게 분류해서 평가하기가 어려운 장기를 전부 의미한다.

그동안 몇몇 연구를 통해 얻어진 구내방사선사진 촬영시 두경부 영역의 방사선감수성 부위에 대한 선량측정 자료를 이용하여 위험도 평가를 한 결과는 다음과 같으며 이때 기준이 되는 노출 조건은 관전압 70kVp에서 원통형 조사통과 speed group D 필름을 사용하여 전악 구내방사선사진을 촬영했을 때이다. 가장 높게 평가된 위험도는 백혈병과 갑상선암이며 여러 학자에 의해 연구 발표된 결과는 Table 3과 같다.

이 Table중 가장 최근에 발표된 White의 결과를 이용하여 전세계적으로 구내방사선사진 촬영으로 인해 발생된 암으로 사망할 위험도를 평가해 보면 다음과 같다. 유엔 자료에 따르면 1980년도에 시행된 구내방사선사진 촬영건수는 3억 4천만회이며 매회 평균 4배의 필름을 이용한 것으로 되어 있다. 따라서 White의 보고 즉, 전악 구내방사선사진 촬영을 백만번 했을 경우 2.5명이 암으로 사망할 수 있다는 위험도를 적용시키면 세계적으로 약 170명이 구내방사선사진 촬영으로 사망할 수 있다. 물론 이 수치는 speed group E 필름을 사용하거나 원통형이 아닌 직사각형 조사통을 사용하면 많이 감소될 수 있다.

나. 유효 선량 (effective dose)

ICRP는 방사선 방어에서 방사선 손상(radiation detriment) 개념을 사용할 것을 추천하고 있다. 방사선 손상이란 방사선에 노출됨으로써 노

Table 3. Fatal malignancies per million full mouth radiographic survey.

Authors	Year	Estimated risk
White	1992	2.5
Gibbs	1988	7.0
Underhill	1988	5.0*
Bengtson	1978	12.0
Gregg	1977	15.0

* using speed group E film

출된 개체는 물론 그 후손에서도 나타날 수 있는 모든 손상을 말한다. 즉 치명적인 암발생 뿐 아니라 치명적이지 않은 암, 유전적 효과나 수명 단축 등을 모두 포함한다. 방사선 손상은 유효 선량으로 측정되는데 유효 선량을 구하기 위해서는 먼저 방사선감수성 장기에 대한 등가 선량 (equivalent dose)을 구하여야 한다. 등가 선량은 방사선 weighting factor와 개개 노출된 조직이나 장기에 흡수된 흡수 선량을 곱한 것을 전부 합산한 것이다. 그러나 X선은 에너지 크기에 관계없이 weighting factor가 1 이므로 등가 선량은 흡수 선량과 같다고 할 수 있으며 다만 단위가 Gray (Gy:1 Gy = 100 rad)가 아니고 Sievert (Sv:1 Sv = 100 rem)가 된다. 유효 선량은 이렇게 구해진 개개 장기의 등가 선량과 tissue weighting factor를 곱해서 얻어진다. Tissue weighting factor는 전 손상에 기여하는 조직의 상대적인 기여도로 결정된다 (Table 4 참조).

이런 방식으로 얻어진 어떤 특정 부위만을 촬영한 방사선사진 검사시의 유효 선량은 같은 선량이 전신에 조사되었을 때 나타날 수 있는 손상과 같은 정도의 손상을 나타낼 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들면 상악 전치부 치근단방사선 사진을 촬영했을 때 tissue weighting factor가 0.05인 갑상선에 국한되어 20 mSv가 측정되었다

Table 4. Tissue weighting factors.

Tissue or organ	Tissue weighting factor
Gonads	0.20
Bone marrow (red)	0.12
Colon	0.12
Stomach	0.12
Lung	0.12
Bladder	0.05
Breast	0.05
Liver	0.05
Esophagus	0.05
Thyroid	0.05
Skin	0.01
Bone surface	0.01
Remainder	0.05

면 이 때의 유효 선량은 $1 \text{ mSv} (20 \text{ mSv} \times 0.05 = 1 \text{ mSv})$ 가 되는 데 이는 전신에 걸쳐 1 mSv 가 조사되었을 때 나타날 수 있는 손상과 같은 정도의 손상이 나타난다는 말이다. Speed group D 필름과 원통형 조사통을 사용한 전악 구내방사선사진 촬영시 여러 학자들에 의해 얻어진 유효 선량은 Table 5와 같다.

이렇게 얻어진 전악 구내방사선사진 촬영시의 유효 선량을 배경방사선 (background radiation)과 비교해 보면 유효 선량을 White의 결과처럼 $84 \mu\text{Sv}$ 라 하고 배경방사선은 BEIR에서 측정한 연간 3 내지 4.4 mSv 라 가정했을 때 (Table 6 참조) 전악 구내방사선사진 촬영시의 유효 선량은

Table 5. Total effective dose (unit : μSv).

Authors	Year	Total effective dose
White	1992	84
Velders, et al.	1991	44
Gibbs, et al.	1988	400
Underhill, et al.	1988	1,000
Stenström, et al.	1987	234
Wall & Kendall	1983	200

Table 6. Average annual effective dose (US data).

Source	Dose (mSv)	Population (%)
Natural		
Radon	2.0	55.0
Cosmic	0.27	8.0
Terrestrial	0.28	8.0
Internal	0.39	11.0
Artificial		
Medical		
X-ray diagnosis	0.39	11.0
Nuclear medicine	0.14	4.0
Consumer products	0.10	3.0
Other		
Occupational	<0.01	<0.3
Nuclear fuel cycle	<0.01	<0.03
Fallout	<0.01	<0.03
Total	3.6	100

Table 7. Relative mortality risks.

Condition or Action	Risk of death	Nature of risk
Full mouth radiographic survey	2.5 per million	Cancer
300 miles by car	1.0 per million	Accident
6,000 miles by airplane	1.0 per million	Cosmic radiation
1,000 miles by airplane	1.0 per million	Accident
1.4 cigarettes	1.0 per million	Cancer, Heart ds.
500 cc wine	1.0 per million	Cirrhosis

1 주일간 배경방사선에 노출된 것과 같을 수 있다. 그러나 X선촬영시는 아주 짧은 시간에 비교적 고선량이 조사되는 반면 배경방사선은 매우 오랫 동안 만성적으로 조사되는 것이므로 직접 비교하기에는 다소 문제가 있다.

결 론

앞에서도 언급한 바 있지만 지금까지 제시되어 온 모든 정보들은 고선량방사선 노출의 결과를 외삽법(extrapolation)으로 통계 처리한 결과이므로 실제로 구내방사선사진 촬영을 했을 때 구해진 수치만큼 암이 발생되어 사망한다는 확실하고도 직접적인 근거는 없으나 동시에 구내방사선사진 촬영으로는 암이 발생되지 않는다고 추정할 만한 근거도 없다. 또한 구내방사선사진 촬영에 의한 위험도가 우리가 매일 생활하면서 닥칠 수 있는 여러 위험도, 예를 들면 운전, 흡연, 음주 등에 의한 위험도 (Table 7 참조)에 비해 확실히 적기는 하지만 많은 수의 사람들이 구내방사선사진 촬영을 하고 있으므로 치과의사나 방사선 종사자들은 환자의 이익에 관계 없는 불필요한 방사선 노출을 최소로 해야 할 의무와 책임이 있다.

REFERENCE

1. Bristow,R.G., Wood,R.E. and Clark,G.M. : Thyroid dose distribution in dental radiography, *Oral Surg.*, 68:482-7, 1989.
2. Bushong,S.C. : Pregnancy in diagnostic radiology: radiation control procedures, *Appl.Radiol.* 5:63-8,
3. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment : Biological effects of radiation from dental radiography, *JADA* 105:275-81, 1982.
4. Fabrikant,J.I. : Risk estimation and decision making: The health effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation, *Pediat.Dent.* 3:400-13, 1982.
5. Farman,A.G. : Concepts of radiation safety and protection: Beyond BEIR V, *Dent.Assistant*, 60:11-4, 1991.
6. Gibbs,S.J., Pujol,Jr.A., Chen,T-S. and James,Jr.A. : Patient risk from intraoral dental radiography, *Dentomaxillofac.Radiol.* 17:15-23, 1988.
7. Gibbs,S.J., Pujol,Jr.A., Chen,T-S., et al. : Patient risk from interproximal radiography, *Oral Surg.* 58:347-54, 1984.
8. Gibbs,S.J., Pujol,Jr.A., Chen,T-S., et al. : Radiation doses to sensitive organs from intraoral dental radiography, *Dentomaxillofac.Radiol.* 16:67-77, 1987.
9. Jones,G.A. : Considerations for the apprehensive x-ray patient, *Gen.Dent.* 35:102-3, 1987.
10. Loken,M.K. : Low level radiation: Biological effects, *CRC Crit.Rev.Diag. Imaging*, 19:175-202, 1983.
11. Smith,N.J.D. : Risk assessment: the philosophy underlying radiation protection, *Int. Dent. J.* 37:43-51, 1987.
12. Underhill,T.E., Kimura,K., Langlais,R.P.,et al. : Radiobiologic risk estimation from dental radiology, Part I. Absorbed doses to critical organs, *Oral Surg.* 66:111-20, 1988.
13. Valachovic,R.W. and Lurie,A.G. : Risk-benefit considerations in pedodontic radiology, *Pediat.Dent.* 2:128-46, 1980.

-
14. Velders,X.L., van Aken,J. and van der Stelt, P.F. : Risk assessment from bitewing radiography, Dentomaxillofac.Radiol.19:209-13, 1991.
 15. Wall,B.F. and Kendall,G.M. : Collective doses and risks from dental radiology in Great Britian, Brit. J. Radiol. 56:511-6, 1983.
 16. White,S.C.:1992 Assessment of radiation risk from dental radiography, Dentomaxillofac.Radiol. 21:118 -26, 1992.
 17. Wood,R.E., Bristow,R.G., Clark,G.M., et al. : Technique-dependent decrease in thyroid absorbed dose for dental radiography, Health Phys. 56:893-901, 1989.