

방사선 방어

부산대학교 치과대학 치과방사선학 교실 조교수 조봉혜

학술

I. 역사적 고찰

X-선을 발견한 수개월 후부터 방사선이 인체에 위험하다는 사실이 명백해지기 시작하였다. 1985년 12월 렌트겐이 X선 발견을 공식적으로 발표한 이듬해인 1986년에 방사선 피부염(radiodermatitis) 23예가 보고되었으며, 1911년에서 1914년까지 4년 사이에 암으로 사망한 54예와 방사선에 의하여 발생한 악성종양 198예가 보고되었다.

당시 소수의 학자들이 방사선에 대한 경각심을 일깨우려고 많은 노력을 기울였으나 전체 의학계가 방사선의 위험을 인지하기까지는 긴 시간이 걸렸다. 마침내 1928년 제 2회 국제방사선회의(International Congress of Radiology)의 결의에 따라 국제 X선, 라듐 방어위원회(International X ray and Radium Protection Committee)가 설립되었으며, 1950년 국제방사선방어위원회(ICRP, International Commission on Radiological Protection)으로 개칭되었다.

이 위원회는 방사선에 관한 여러 분야의 전문가들로 이루어진 국제적으로 가장 권위있는 조직으로, 세계 각국 및 국제기관에서 ICRP 권고문을 준용하고 있다. ICRP와 UNSCEAR(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), BEIR(Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations) 및 NCRP(National Council on Radiation Protection and Measurements)등의 단체에서도 방사선 방어에 관한 다양한 제안을 하고 있다.

II. 방사선 노출의 근원

방사선 노출의 근원은 다양하지만 크게 자연방사선과 인공방사선으로 분류된다.

자연방사선에 의한 피폭은 체외선원과 체내선원으로 나눌

수 있는데, 체외선원은 우주에서 대기중으로 들어오는 우주선과 지각에 함유된 방사선훈종에서 유래하는 대지방사선이 있으며, 체내선원은 라돈등이 있는데, 인체가 방사선훈종을 경구 섭취, 흡입 및 접촉함으로써 유입된다.

인공방사선은 의료분야, 산업분야 및 기타로 대별되는데, 의료방사선이 인공방사선 중 가장 큰 부분을 차지하고 있으며, 특히 진단용 X선이 전 방사선 노출의 11%를 차지한다. 치과방사선에 의한 연간 유효선량은 0.01mSv 이하로 전체 X선 진단에 의한 유효선량의 약 2.5%를 차지한다. 산업분야의 방사선은 TV 수상기, 공항검색설비 및 연료용 천연가스에 포함 된 라듐, 토륨과 우라늄에 의한 피폭등이며, 기타 인공방사선으로 원자력발전소등이 있다(표 1).

표 1. 방사선 노출의 근원

	근원	유효선량	
		mSv	%
자연			
체외	우주선	0.27	8
	대지방사선	0.28	8
체내	라돈	2.00	55
	기타	0.40	11
대략의 합		3.00	82
인공			
의료분야	X선 진단	0.39	11
	핵의학	0.14	4
산업분야		0.10	3
기 타	직업적	<0.01	<0.3
	핵연료 cycle	<0.01	<0.3
	낙진	<0.01	<0.3
대략의 합		0.60	18
총 합		3.60	100

III. 방사선의 생물학적 효과

방사선의 생물학적 효과는 영향받은 개체에 따라 신체효과(somatic effect)와 유전효과(hereditary effect)로, 선량에 따른 방사선 효과 발현양상에 따라 결정적 효과(deterministic effect)와 확률적 효과(stochastic effect)로 대별된다.

1. 신체효과와 유전효과

1) 신체효과

신체효과는 방사선 조사를 받은 개체에 나타나는 영향으로 방사선 조사후 방사선 손상의 증상이 처음 발현될 때 까지의 시간에 따라 급성 장애(short-term effect)와 만발성 장애(long-term effect)로 분류된다.

A. 급성 장애(short-term effect)

급성 방사선 증후군은 일반적으로 전신 방사선 조사 직후 혹은 몇주 이내에 나타나는 영향으로 흡수선량에 따른 증상은 표 2와 같다.

표 2. 급성 방사선 증후군

흡수선량(Gy)	발현증상
1-2	전구증상 : 전신조사후 수분에서 수시간내 증상 발현 식욕감퇴, 오심, 구토, 설사, 피로감등 소화기계의 증상
2-7	조혈기계 증상 : 골수와 비장의 조혈계통의 손상으로 감염, 빈혈, 출혈 등이 나타나 조사후 10-30일 사이에 사망
7-15	소화기계 증상 : 장점막의 상피층 파괴로 궤양, 장출혈, 설사, 탈수, 체중감소가 나타나며 패혈증으로 조혈기계의 증상이 나타나기전 사망
50이상	심혈관 및 중추신경계 증상 : 급격한 혈압저하, 심근 괴사, 신경계 손상으로 부조화(incoordination), 지남력 상실 (disorientation), 경련이 나타나며 1-2일 내에 사망

B. 만발성 장애(long-term effect)

방사선의 만발효과의 특징은 조사후 증상이 나타나기까지의 기간(잠복기)이 길고 일반적으로 저선량 혹은 저선량율의 장기 피폭시 발생하는 것으로 인체의 방사선 방어의 입장에서 더욱 중요하다.

저선량의 방사선에 노출된 개체에게 가장 중요한 신체적 영향은 악성 종양의 발생이다. 방사선 조사에 의해 발생하는 악성종양으로는 백혈병, 피부암, 유암, 폐암, 갑상선암, 골종양 등이 있다. 백혈병 이외의 악성종양은 방사선 조사 약 10년 후에 나타나며 아동기동안의 방사선 조사 위험은 성인의 약 2 배이다. 다음에서는 치과방사선의 노출과 관련하여 나타날 수 있는 신체적 영향에 대하여 간략히 설명하고자 한다.

악성종양의 유발(Carcinogenesis)

- a. 백혈병(leukemia) : 만성 임파구성 백혈병 이외의 백혈병 발생율은 적색골수에 대한 방사선 노출후에 증가한다. 원폭 생존자들과 유착성 척추염의 치료를 위하여 방사선 조사를 받은 환자들의 분석결과는 방사선 조사 5년 이내에 백혈병 발생율이 증가하였다가 30년 이내에 기본 발생율로 돌아가는 양상을 보였다.
- b. 갑상선암(thyroid cancer) : 여포상피에서 유래하는 갑상선 암의 발생은 방사선 노출후에 증가하였다. 방사선 조사로 인한 갑상선암의 위험은 아동기 초에 가장 크고, 방사선 유발 및 자연발생 갑상선암 모두에서 여성이 남성보다 3배 높은 감수성을 보였다.
- c. 골암(bone cancer) : 골막과 골내막에 대한 방사선조사로 발생하는 골의 악성종양은 대부분 골육종이다. 일본의 원폭 생존자들은 4Gy까지의 방사선 노출은 골 종양을 증가시키지 않는다는 것을 보여주었다.
- d. 식도암(oesophageal cancer) : 식도암에 대한 자료는 제한적이거나 방사선 치료를 받은 유착성 척추염 환자나 일본의 원폭 생존자들에서 일반인에서보다 많은 식도암이 발생하였다.
- e. 뇌 및 신경계 암(brain and nervous system cancer) : 태중에 진단목적의 방사선에 노출된 환자들이나 아동기나 성인기에 뇌에 평균 1Gy의 방사선 치료를 받은 환자들에서 악성 및 양성 뇌종양의 발생이 증가하였다.
- f. 타액선암(salivary gland cancer) : 타액선 종양의 발병율은 두경부 질환의 치료를 위하여 방사선 조사를 받은 환자, 일본의 원폭 생존자들 및 진단목적의 방사선 조사를 받은 사람에서 증가되었다. 일부 연구는 타액선 종양과 치과방사선 사이의 관련성을 밝히고 있는데, 특히 20세 미만의 나이에 전악 구내방사선 촬영을 한 경우에 그 위험도가 높다고 하였다.

g. 기타 기관의 암(cancer of other organs) : 피부, 부비동 및 골수 같은 기관들 역시 방사선 조사후에 악성 종양의 발생을 보였지만 두경부 방사선 조사후에 예상되는 발병율과 사망율은 앞에서 언급한 장기에서보다 훨씬 낮다.

정신발육 지연(mental retardation)

성장중인 뇌는 방사선에 민감한데, 특히 임신 8-15주 사이가 중요하다. 심한 정신지체의 역치선량은 0.12-0.2Gy이며, 이 시기에 방사선 조사를 받은 경우 Sv당 IQ가 30씩 감소한다. 전악방사선사진 촬영시의 태중 선량은 0.01 Gy 이하로 치과방사선에 의한 정신발육 지연의 위험은 없다.

수정체의 백내장(cataract of the eye lens)

수정체에 백내장을 유발하는 역치선량은 단회 조사한 경우는 2Gy, 수주동안 수회에 걸쳐 조사한 경우 5Gy까지 나타났다. 이러한 역치는 현재의 치과방사선 촬영시에 받는 선량보다 훨씬 크다.

태아에 대한 효과(embryological effects)

태아는 방사선 감수성이 높으며 조사시기에 따라 방사선 효과가 다르게 발현된다. 착상전기(preimplantation stage)에 0.1Gy의 방사선이 조사되었을 때 출생전 사망이 일어나거나 출생시 염색체 이상이 발현될 수 있으나 선천성 기형의 발생은 비교적 드문 것으로 알려져 있다. 기관형성기인 임신 18일에서 45일 사이에 2Gy의 방사선이 조사되었을 때 소두증(microcephaly), 소안구증(micropthalmia), 구개열등의 기형이나 성장발육의 지연이 일어나기도하며, 임신 7-8주 이후에서 출생전까지 방사선이 조사되면 정신 및 신체 발육이 지연되며 출생후 암유발의 가능성이 높은 것으로 알려져있다.

2) 유전효과(hereditary effect)

유전효과란 방사선조사를 받은 개체의 자손에서 나타나는 영향이다. 사람에 대한 방사선의 유전적 영향에 대한 자료는 거의 없으나 원폭 생존자들의 자녀들에서 유전질환이 통계학적으로 유의성있게 증가한 경우는 없었다. 전악 구내방사선 촬영시의 생식선 흡수선량은 성인여성의 경우 0.01 Sv 이하이고, 성인 남성의 경우 10 Sv 이하이므로 치과방사선으로 인한 유전효과는 무시해도 좋을 정도이다.

2. 결정적 효과(deterministic effect)와 확률적 효과(stochastic effect)

결정적 효과는 그 정도(severity)가 선량의 함수로 나타나는 생물학적 효과로 이러한 효과가 발생하는 최저선량, 즉 역치가 존재한다. 피부홍반, 백내장, 골수기능저하등이 여기에 속한다.

확률적 효과는 어떤 효과의 발생가능성이 선량과 비례관계를 보일 때를 말하며 역치 없이 아무리 적은 선량일지라도 통계적으로 그 효과를 관찰할 수 있다. 유전효과와 악성종양의 발생이 여기 속한다.

3. 치과방사선 촬영시의 유효선량 및 위험도

유효선량은 ICRP 60(1990) 권고안에서 도입된 개념으로 조사 면적 및 조사 부위가 각기 다른 각종 방사선 노출을 전신 조사시의 선량으로 환산하여 표준화 한 것이다. 예를 들어 1매의 구내방사선사진 촬영시의 표면 노출량은 300mR이고, 1매의 흉부방사선사진의 표면 노출량은 23mR으로 구내방사선사진의 노출이 10배 이상 많은 것으로 생각되지만 흉부방사선은 노출 면적이 넓어 이를 전신에 균등하게 조사한다고 가정할 경우의 유효선량은 구내방사선사진은 약 0.04 mSv, 흉부방사선사진은 약 0.08 mSv가 된다.

구내방사선사진 촬영시 직사각형 시준기를 사용하면 원통형 시준기 사용시보다 유효선량이 1/2이하로 낮아지며, 파노라마 촬영시의 유효선량은 직사각형 시준기를 이용한 4매의 교익촬영시의 유효선량과 유사하다(표 3).

표 3. 각종 방사선사진 촬영시의 유효선량

방사선사진 촬영법	유효선량(mSv)
전악구내방사선사진촬영(20매, D-speed 필름, 원통형 시준기)	0.084
전악구내방사선사진촬영(20매 D-speed필름, 직사각형 시준기)	0.033
파노라마촬영	0.007
교익촬영(4매 D-speed필름, 원통형 시준기)	0.017
교익촬영(4매 D-speed필름, 직사각형 시준기)	0.007
두부방사선사진촬영	0.22
전산화단층촬영(두부와 전신)	1.11
흉부방사선사진촬영	0.08

1992년 White가 치과방사선 촬영시의 유효선량 및 위험도

에 대한 여러 문헌을 고찰하여 치과방사선 촬영시의 평균 유효선량 및 위험도를 보고하였는데, 치명적 암 발생계수가 전악 구내방사선촬영의 경우는 백만회당 2.5, 파노라마 촬영의 경우는 백만회당 0.21이었다(표 4).

표 4. 전악 구내방사선사진촬영 및 파노라마 촬영시의 평균 유효선량 및 치명적 암 발생의 위험도

	전악 구내 방사선*		파노라마#	
	유효선량(μSv)	위험도(x 10 ⁻⁶)	유효선량(μSv)	위험도(x 10 ⁻⁶)
Gonads	1	-	-	-
Bone marrow	17	0.7	1.4	0.06
Lung	1	0.1	0.2	0.01
Breast	1	0.1	-	-
Oesophagus	1	0.1	0.3	0.02
Thyroid	47	0.8	3.8	0.06
Skin	1	-	0.1	-
Bone surface	10	0.5	0.6	0.03
Remainder	3	0.3	0.3	0.03
Sum	84	2.5	6.7	0.21

* 20매 D-speed 필름, 원통형 시준기
rare-earth intensifying screen 사용

IV. 방사선 방어원칙

1. 방사선 방어의 일반원칙

- 행위의 정당화(Justification of a practice) : 모든 행위는 그 이익이 더 클때만 행해져야한다.
- 방어의 최적화(Optimization of radiological protection) : 모든 방사선 노출은 합리적으로 달성가능한 한 낮게 유지한다.
- 개인의 선량한도(Individual dose limits) : 정당화, 최적화가 이루어진 경우라도 개인의 선량한도를 초과하여서는 안된다.
ICRP 60(1990) 권고안의 일반 대중 및 방사선 종사자의 연간 선량한도는 표 5와 같다.

표 5. 일반 대중 및 방사선 종사자의 연간 선량한도

선량한도(mSv)	일반 대중	방사선 종사자
유효선량	1	20
등가선량		
수정체	15	150
피부	50	500
손, 발	50	500

2. 방사선 방어의 기술상의 3원칙

- 거리의 제어 : 방사선의 강도는 거리의 제곱에 반비례하므로 방사선원에서 가능한한 멀리 떨어지는 것이 좋다.
- 피폭시간의 단축 : 고감도 필름과 증감지를 사용한다.
- 차폐 : 방사선원과 인체 사이에 적당한 차폐물을 놓는다.

3. 환자에 대한 방어

- 환자의 선택 : 방사선사진으로부터 필요한 진단정보를 얻을 수 있는 경우에 한하여 촬영을 시행하여야 한다.
- 상수용기(image receptor) : 고감도 필름과 희토류 증감지를 사용하면 노출량을 줄일 수 있고, 특히 direct digital radiographic machine으로 촬영하면 일반 촬영시의 약 20%까지 노출량을 줄일 수 있다.
- 시준(collimation) : 조사야를 가능한 한 줄이면 환자에 대한 노출도 줄고, 산란 방사선도 감소시켜 선명한 상을 얻을 수 있다.
- 여과(filteration) : 저에너지의 X선 광자를 제거하여 환자의 피부선량을 줄일 수 있다.
- 초점-필름간 거리 : 초점-필름간 거리가 길어지면 피부 노출량이 감소되고 해상력이 증대된다.
- 납 방어복과 갑상선 보호대 착용 : 납 방어복과 갑상선 보호대를 착용함으로써 생식선과 갑상선을 보호할 수 있어, 특히 임신부나 어린이에서의 착용이 요구된다.
- 촬영방법의 선택 : 적절한 환자와 필름의 고정, 조사조건, 조사방향을 잘 선택함으로써 부주의에 의한 재촬영을 방지한다.

- h. **관전압** : 관전압이 상승하면 피폭선량은 감소하나, 대조도가 감소하고 산란선이 증가된다. 관전압의 선택은 진단목적에 따라 선택되어야 한다.
- i. **X선관과 조사통의 차폐** : X선관과 조사통을 차폐함으로써 누출방사선을 감소시킨다.
- j. **현상** : 적절한 현상으로 양질의 방사선사진을 얻음으로써 재촬영을 줄인다.
- k. **촬영기 및 현상기의 품질관리** : 정기검사를 통하여 일정한 촬영조건 및 현상조건을 유지하여야 한다.

4. 술자에 대한 방어

- a. **차폐** : 방사선 노출동안 술자는 촬영실 밖 혹은 적당한 차폐물 뒤에 있어야한다. 방어벽의 경우는 1mm 두께의 납으로 이장시키는 것이 좋으며, 콘크리트, 벽돌벽 등도 차폐물로 적절하다.

- b. **차폐물이 없는 경우** : 술자는 위치와 거리를 유념하여서 있어야한다. 즉, 중심선에 대해 90-135o 사이에 위치해야하고, 방사선원으로부터 1.8m 이상 떨어져 있는 것이 좋다. 불가능할 경우 방어복 착용이 요구되며, 필름을 직접 유지하거나 손으로 관구를 잡지않도록 한다.

V. 결론

모든 방사선은 위해하며 그 누구도 안전한 선량을 말할 수 없다. 치과방사선으로 인한 위험은 우리가 일상생활에서 겪게 되는 다른 위험들(예를 들어 운전, 흡연, 오염된 환경등)보다 아주 낮지만 완전히 안전한 것은 아니다. 비록 방사선조사가 약한 암유발요인이긴 하지만 수많은 사람들이 치과방사선에 노출되고 있으므로 주의를 기울여야만 하며 아주 소량일지라도 환자들이 불필요한 방사선 조사를 받지 않도록 하는 것이 우리의 책임이다.

참고문헌

- 1. Goaz PW, White SC : Oral radiology ; principles and interpretation. 3rd ed.pp.47-63, Mosby, 1994
- 2. 대한구강악안면방사선학회편: 구강악안면 방사선학. 제2판pp.192-211, 이우문화사, 1996
- 3. 이상래, 고희준: 구강악안면방사선학; 최신 치의 학정리. pp.186-202
- 4. White SC : 1992 Assessment of radiation risk from dental radiography. Dentomaxillofac. Radiol., 21:118-126, 1992
- 5. 1990 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, ICRP 60. Ann ICRP 1990;21:(1-3)
- 6. Velders XL, van Aken J, vander Stelt PF : Absorbed dose to organs in the head and neck from bitewing radiography. Dentomaxillofac. Radiol. 20:161-5, 1991
- 7. Velders XL, van Aken J, vander Stelt PF : Risk assessment from bitewing radiography. Dentomaxillofac. Radiol. 20:209-13, 1991
- 8. Gibbs SJ, Pujol A, McDavid WD, Welander U, Tronje G : Patient risk from rotational panoramic radiography. Dentomaxillofac. Radiol. 17:25-32, 1988

학술원고를 모집합니다.

지상진료실, 함께 연구합시다, 논문, 증례보고, 기획특집, 임상가를 위한 특집문의

주소 : 133-160
서울시 성동구 송정동 81-7
대한치과의사협회 학술국

TEL : 498-6320 ~6
FAX : 468-4655