

## IV. 치과의사와 방사선

전남대학교 치과대학 치과방사선학교실

전임강사 강 병 철

방사선사진촬영, 방사선동위원소를 이용한 진단과 치료, 방사선을 이용한 암의 치료등으로 방사선의 의학적 이용이 급증하고 있다. 일회용 의료용품들은 코발트-60를 이용하여 멸균된다. 비파괴검사를 하고, 생산공정에서의 원료혼합상태, 제품의 이동상향, 해류, 지하수의 흐름을 알아내는 등의 산업분야의 이용도 점차늘어나고 있다. 우리나라를 비롯한 미국 유럽에서는 방사선을 식품에 조사하여 저장기간을 늘리는데 이용하고 있다.

여러 신문, 잡지나 소비자 단체에서는 방사선의 위해에 대하여 일반대중에 알리고, 경고한다. 전문가인 우리 치과의사들은 치과진료시의 방사선의 노출량과 일상의 여러 방사선 노출량을 알고, 그것이 야기할 수 있는 잠재적 위험성을 잘 알고 있어야 하겠다. 이러한 지식은 방사선의 사용으로 인한 이익과 위해에 대하여 환자에게 설명해주고 이해시키는데 중요하다.

### 목 차

1. 방사선이란?
2. 방사선의 단위
3. 방사선량에 따른 생물학적 영향
4. 방사선 노출의 근원-배경 방사선이란?
5. 각종 도표에서 나타나는 수치를 잘못 해석하는 경우
6. 구내방사선사진 촬영시 피폭량은?

### 1. 방사선이란? (What is the radiation?)

방사선이란 에너지이다. 방사선 에너지는 공간과 물질을 통해 그 에너지가 전달된다. 방사선은 알파선(alpha ray), 베타선(beta ray), 음극선(cathod ray)과 같은 입자방사선(particulate radiation)이 있고, 감마선, X-선, 자외선, 가시광선, 마이크로웨이브, 적외선(infrared: heat), T.V.전파(television), 레이다, 라디오파(radiowave)와 같은 전자기방사선(electromagnetic radiation)이 있다.

이러한 방사선중 에너지가 커서(파장이 짧은 방사선) 물질, 또는 생체 조직의 원자, 또는 분자와 상호작용하여 전리(이온화)시킬 수 있는 능력을 가진 방사선을 전리방사선(ionizing radiation)이라 한다. 이러한 전리방사선이 생체에 조사되면 HO<sub>2</sub> (hydroperoxyl free radical), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hydrogenperoxide)와 같은 산화력이 있는 물질을 형성하여 생체 분자를 변화시킨다. 그러므로 방사선중에서 전리방사선만이 문제가 된다.

### 2. 방사선의 단위

방사선은 종류에 따라 갖고있는 에너지가 다르다. 또한 조사시간, 거리, 차폐물의 존재 여부에 따라 조사되는 에너지의 양이 다르다. 이러한 방사선은 볼 수도 느낄수도 없다. 그러나 그 에너지량은 가이거측정기와 같은 측정장치를 이용하여 측정할 수 있

다.

측정하는 단위는 다음과 같다(Si unit)(R, rad, rem은 이전에 사용하던 단위).

\* 조사선량(exposure : Coulomb/kg : C/kg-r)  
 $1C/kg=3.88\times 10R$  또는  $1R=2.58\times 10C/kg$

\*\* 흡수선량(adsorbed dose : Grey : G-rad)  
 $1Gy=1joule/kg$   $1Gy=100rad$

\*\*\* 선량당량(dose equivalent : Sievert : Sv-rem)  
 $1Sv=100rem$   $1mSv=100mrem$

\* 1R은 표준상태의 공기 1cc를 이온화 시키는 방사선의 양

\*\* 어떤 물질(조직)에 방사선이 전달되는 양(에너지)을 나타낸다.

\*\*\* 선량단량은 방사선의 생물학적 영향을 나타내는 단위이다. 이 시버트(sievert)단위는 방사선의 형태와는 관계없이 방사선으로 인한 생물학적 효과만을 나타내는 단위이다. 이 단위가 클때는 1Sv의 1천분의 1인 mSv를 쓴다.

\$\$ 편의상 1R=1 rad으로 생각하면 된다.

### 3. 방사선량에 따른 생물학적 영향 (전신적으로 조사받을 때)

(1) 많은 양을 조사받을 때.

1) 100Gy를 일시적으로 전신적으로 받으면, 중추신경계에 손상을 받아 1-2일 이내에 사망한다(central nervous system syndrome).

2) 10-100Gy를 전신적으로 받으면, 내장계에 손상으로 사망할 수 있다(gastrointestinal syndrome)그러나 악성종양 치료를 목적으로 1일 2-3Gy를 주당 10Gy 정도로 5주 내지 7주간 50-70Gy를 국소적으로 조사하면 암은 치료 되지만 사람이 사망하는 것은 아니다(그림 참조).

3) 2-10Gy를 전신적으로 조사받으면 조혈기관에 심한 손상으로 30일 이내에 대부분이 사망한다(bone marrow syndrome).

\* 인간이 LD 50/30(방사선조사후 30일 이내에 50%가 사망하는 흡수선량)는 2.5-4.5Gy이다.

4) 0.5-1Gy를 조사받으면, 오심, 구토, 설사, 식욕부진을 일으키나 대부분이 회복된다.

(2) 적은 양을 조사 받을 때

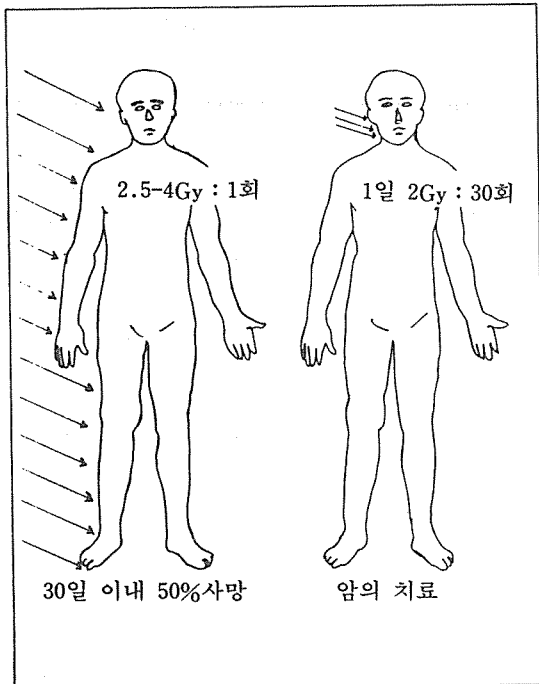
1) 100mSv(1만 mrem)를 전신적으로 조사받아도 생물학적으로 별다른 영향은 나타나지 않는다.

2) 50mSv(방사선업무에 종사자) 또는 5mSv(500mrem)(일반인)는 연간 전신적으로 조사받아도 아무 영향이 없다고 ICRP(international commision of radiological protection)와 우리나라 원자력법에 정해 놓은 수치이다(표 1, 표 2.참조).

(다시한번 상기할 점-위의 수치는 일회전신조사량이, 부분적으로 조사하는 것이 아님)

### 4. 방사선 노출의 근원-배경방사선(background radiation)이란?

인간집단은 비록 그 수준이 낮기는 하지만 항상 주위환경으로 부터 자연, 인공 방사선에 피폭되고 있다. 우리주위의 어떤 물질로부터 방사선이 나오고 있을까? 우리가 살고 있는 집, 우리가 쓰고 있는 유리그릇, 도자기, 물, 음식, 담배, TV. 전자레인지,



전신 조사와 국소적 조사

표 1. ICRP에서 권고하는 작업자 및 공중(일반인)의 방여기준

	작업자	일반공중
1928년	선량에 대한 제한 없음	제한 없음
1934년(erythematolerance dose)	0.2R/일(약 60R/년)	상 등
1937년(tolerance dose)	0.2R/일, 1R/주	상 등
1950년	조혈기관 15rem/주	상 등
1954년(최대허용선량)	조혈기관, 생식선, 수정체 0.3rem/주 피부 : 0.3rem/주	최대허용선량은 직업인의 1/10
1958년(Publ.1)	조혈기관, 생식선, 수정체 D=5(N-18) rem/sls, 3rem/	조혈기관, 생식선 수정체 : 0.5rem/년
1965년(Publi.9)	조혈기관, 생식선 : 5rem/년 3rem/13주 피부, 뼈, 갑상선 : 30rem/년 손, 팔, 발 : 75rem/년 기타장기 : 15rem/년	0.5rem/년
1977년(Publ.26) (선량당량한도)	선량당량한도 : 50mSv/년 조직선량당량한도 수정체 : 150mSv/년 기 타 : 500mSv/년	선량당량한도 : 1mSv/년 수정체, 피부 : 50mv/년
1991년(Publ.60) (유효선량)	유효선량한도 : 20mSv/년(결정된 5년간의 평균), 단 어느 1년에 50mSv를 초과하면 안된다. 수정체 : 150mSv/년 피 부 : 500mSv/년 손, 발 : 500mSv/년	1mSv/년, 단 어느, 경우에도 5년간의 평균량이 1mSv/년을 초과해서는 안된다. 수정체 : 15mSv/년 피 부 : 50mSv/년

표 2. 우리나라 원자력관계 법령이 방사선 작업 종사자의 방사선 방호기준

	3개월간 최대허용 피폭선량	연간 최대허용 피폭선량
전신, 조혈기관, 생식선, 수정체	30mSv	50mSv * 집적선량 D=50(N-18)
뼈, 갑상선, 피부	150mSv	300mSv
손, 발, 팔 및 다리관절	400mSv	250mSv
기타 단일 장기	80mSv	150mSv

\* N은 종사자의 나이, 단위는 mSv

\*\* 일반인의 연간 최대허용 피폭선량은 전신, 조혈기관, 생식선, 수정체에 대하여 작업종사자의 1/10인 5mSv이다.

도시가스, 포장도로, 공항의 보안검색장치, 병원의 X-선, 우리몸 자체내에서도 방사선이 나온다. 그러므로 우리는 방사선과 함께 생활하고 있다고 할수 있다. 인류의 역사는 또한 방사선의 역사이다. 인류는 주위환경의 여러 방사선을 조사받으며 진화해왔다. 그러므로 어떤 학자는 저선량의 방사선을 인간에게 오히려 이로울지도 모른다고 주장한다. 매스컴의 발

달로 대부분의 환자들이 방사선이란 위험하기만 한 것으로 알고 있어서 치과진료시에 어려움이 있는 경우도 있을 것이다. 그러므로 background radiation에 대하여 자세히 알고 있다면 치과의사는 논리적으로 환자를 이해시킬수 있으리라 생각한다.

배경방사선에 의한 연간 선량당량은 미국인의 경우 연간 약 3.6mSv 이고(표3참조), 일본인은 연간

표 3. 배경방사선을 기준으로한 여러 촬영법의 활동성 골수 피폭량(1979년도 발표)

촬영 방법	*일수
구내방사선(21장)	
원통형 조사통 이용	65
직사각형 조사통 이용	24
파노라마 방사선사진	
panorex	6
Panelipse	11
Orthopantograph	14

\* Days of Environmental Exposure

(1990년 Kodak사 발표자료에 의거)

촬영 방법	*일수
전악구내촬영(17장)	17
파노라마 촬영	7
4장의 교익촬영	3

\* Days of Environmental Exposure

약 2.82 내지 3.58 mSv 정도라고 한다. 우리나라도 이와 비슷한 수준으로 생각하면 된다.

1) 자연방사선-이는 연간 약 3.0 mSv 정도로 조사 받으며 우수선, 대지방사선, 우리 신체 내에서 나오는 방사선의 세가지로 구성되어 있다.

\* 라돈-라듐(radium)이나 토륨(thorium)이 알파 붕괴될 때 나오는 라돈개스에 의한 피폭이 전체의 55%를 차지한다. 이는 개스의 형태이므로 주로 폐에 많은 영향을 준다. 이러한 사실은 80년대에 비로서 밝혀진 것으로서 라듐이 많이 포함되어 있는 지역에서 살고 있는 사람들에게는 이 평균치보다 훨씬 많은 라돈에 의한 피폭이 있다. 이 라돈개스는 건물바닥의 갈라진 틈으로도 스며들어 현재 이에 대한 대비가 되어 있는 주택은 거의 없다(미국에서 이를 방지한 주택이 원자력연구소팀에 의하여 건설된 예가 있다고 한다).

미국인 1인이 받을 수 있는 연간 방사선량(선량당량)(average annual effective dose equivalent of ionizing radiations to a member of the U.S. population)

	선량 당량(dose equivalent)		유효선량당량(effective dose equivalent)	
	mSv	mrem	mSv	%
<b>자연방사선</b>				
라돈*	24	2400	2.0	55
우주로부터	0.27	27	0.27	8.0
땅으로부터	0.28	28	0.28	8.0
신체내로부터	0.39	39	0.39	11
(합 계)	-	-	3.0	82
<b>인공방사선</b>				
의료분야				
X-선검사	0.39	39	0.39	11
핵의학검사	0.14	14	0.14	4.0
소비재산물	0.10	10	0.10	3.0
기타분야				
직업종사에 의한것	0.009	0.9	<0.01	<0.3
핵연료	<0.01	<1.0	<0.01	<0.03
방사능낙진	<0.01	<1.0	<0.01	<0.03
기 타	<0.01	<1.0	<0.01	<0.03
(합 계)	-	-	0.63	18
(자연, 인공방사선 합계)	-	-	3.6	100

자료출처-National Council on Radiation Protection and measurements(NCRP report No. 93.1987년)

\*라돈-라돈의 탈핵종으로 부터 폐가 받은 방사선 피폭량은 연간 약 24mSv(2400mrem)이다. 폐는 우리몸전체의 약 0.08%에 해당하므로, 이를 우리 몸전체에 피폭되는 양으로 환산하면 2.0mSv가 되는 것이다.

a) 우주선(cosmic ray)-외계에서 지구에 도달하는 subatomic particle(proton, alpha particle etc.)과 이들 입자가 지구대기와 상호작용에 의해 생기는 방사선(muon, 중성자, 양자, 전자, 양전자(positron))을 말한다. 고도가 높은 록키 산맥 등의 지역에서는 해수면에 비해 두배정도의 우주선을 받는다(해발 5,000 피트씩 고도가 높아짐에 따라 해수면에 비해 2배씩 증가한다.).

b) 대지 방사선(terrestrial radiation)-땅 속의 radium, uranium, thorium 등의 방사성핵종이 자연 붕괴될때, 또 potassium 40으로부터 나오는 방사선이다. 건물 자체내에도 이러한 물질이 포함되어 있어서 건물내에서는 대지방사선을 더 많이 조사받을 수 있다. 하지만 우주선과 땅속에서 나오는 방사선을 건물자체가 막아주기 때문에 건물내에서는 건물 밖과 비교하면 90%정도의 방사선에 피폭된다고 한다(10% 적게 조사받는다.).

이 방사선의 노출량은 지역에 따라 심한 차이를 보일 수 있다. 브라질과 인도의 어느 마을은 thorium을 다량 포함하는 monazite 흙으로 집이 지어져서 많은 양의 방사선에 피폭된다고 한다.

미국의 경우 1인당 피폭되는 평균치는 0.28 mSv(선량당량)이다.

c) 인체내 방사선(internal source)-신체내에서 나오는 방사선은 우리가 외부로부터 흡입하고, 섭취한 방사성핵종에 의한 것이다. 인간은 방사선동위원소를 구별하지 못하므로 일반원소와 함께 언제든지 섭취할 수 있다. 우리 몸의 uranium, thorium과 이의 자연붕괴 산물인 potassium 40, carbon 14, tritium 그리고 그외 여러 방사성핵종에 의한 연평균 선량당량은 0.39 mSv이다. 최소한 인류의 기원부터 방사성핵종은 주위 환경에 존재하여 왔으므로, 이들은 인체내에 항상들어 있었다. 어떤 학자의 주장에 의하면, 인류는 10만년 이상을 자연 방사선에 노출된 상태로 존재하였으리라고 한다. 이런 자연 방사선은 인간의 진화와 발달(evolution and development)에 틀림없이 영향을 주었으리라고 한다. 현대에는 인간이 만든 여러 다른 방사성핵종이 있다. 1950년대, 1960년대의 핵실험등의 결과, 인체내에서 cesium 137, strontium 90 등이 발견되고 있다. 이는 핵분열의 결과로 생긴 인공 방사성핵종이 먹이 사슬을 통하여 인체로 유입된 것이다.

이들 중 strontium 90은 순수한 베타선(beta ray)을 방출하는 것으로 가장 중대한 영향을 미치는 물질이다(베타선은 감마선보다 LET(linear energy transfer)가 크다). 이것은 화학적으로 calcium과 유사하여 어린이와 젊은 사람의 뼈와 치아에 융합된다. 일단 strontium 90이 이러한 부위에 농축되면 반감기가 길고(18.8년), turnover rate가 느려서(뼈내의 실제 반감시간이 6.4×1,000일) 주의가 요망된다.

## 인공 방사선(artificial radiation)

인간의 모든 기술이 발전함에 따라서 환경에 많은 방사선을 오염시키고 있다. 이러한 방사선원은 의료분야와 산업분야의 두 분야로 구별할 수 있으며 이러한 인공 방사선의 연간 선량당량은 약 0.63 mSv이다.

a) 의료분야의 방사선(medical radiation)-방사선은 진단과 치료에 이용된다. 이중 진단용 X-선이 대부분을 차지한다. 또한 방사선 동위원소를 이용한 진단과 치료에 의한 피폭이 있다. 가정용 급수, 건축자재, 석탄, 농산물등의 소비재로부터 나오는 방사선원은 주로 라돈에 의한 것이다. 담배를 많이 피우는 사람은 polonium-200의 방사성핵종에 의한 기관지가 피폭되며 연간 약 0.2 Sv나 되어 폐암의 발생율이 높아진다(NCRP report No.84).

b) 산업분야의 방사선(industrial and other radiations)-그 양이 적기는 하지만, 이 분야의 방사선 노출도 조심해야 한다. TV 수상기, 핵발전소, 석탄 발전소, 팔목시계, 뉴시용 야광찌(tritium 으로 되어 있고, 법의 규제를 받지 않지만, 뉴시를 많이 하는 저수지에는 많은 양이 축적되어 있을 수 있다.), 화재 경보기, 치과용 도재 등을 포함하여 여러가지 방사선원이 있을 수 있다.

1986년의 소련의 Chernobyl의 핵발전소 사고는 핵발전 시설을 잘 관리하지 못하면, 심각한 위해를 가져올 수 있다는 것을 명백히 보여 주었다. 이 사고에서 발전소 근처에 있던 31명이 방사선 노출 한달 이내에 급성방사선손상(acute radiation injury)에 의하여 사망하였다. 향후 70년대에 최소한 25,000명 이상의 우크라이나 사람이 백혈병, 갑상선 종양과 그의 종양으로 사망할 것으로 추정된다. 이 사고로

인하여 Sweden, Norway 등지의 순록과, 순록의 먹이인 이끼에 cesium 137의 농도가 증가되었다는 보고가 있다.

### 5. 각종 도표에서 수치를 잘못 해석하는 경우

치과방사선 촬영기를 이용하여 구내방사선사진을 1장 촬영하는 경우(76 kVp, 10 mA, 15 impulse) radiation source로부터 8인치 떨어진 곳(환자의 표피면)에서 25mR이 검출된다. 이 경우 14장의 전악촬영을 하면 350 mR이 조사되는 것으로 생각되어 일반 공중인 연간 받을 수 있는 최대피폭선량인 0.5 rem (약 500 mrem)의 70% 를 조사한 것으로 생각할 수 있다. 하지만 이는 잘못이다. 우리가 표 3의 라돈의 예에서와 같이 연간 24 mSv를 기관지에 조사받지만 이것을 우리 몸 전체에 받는 양으로 환산하면 불과 2 mSv를 받는다는 것을 알 수 있다.

따라서 구내방사선사진 촬영에 의한 피폭량을 몸 전체에 피폭받는 양으로 환산하여 보아야 정확한 피폭량의 계산이 된다. 즉 350 mR이라는 수치는 전악 구내촬영(14장)을 하면 직경 7cm에 단위 제곱 cm당 350 mR이 조사된다는 의미이다.

어떤 표에 나타난 수치를 보면 흉부촬영 한장이 23 mR, 치과구내 촬영이 300 mR을 조사받는 것으로 나타나서 12배이상의 방사선조사를 받는 것으로 오해할 수 있다(이 수치는 skin exposure). 그러나 흉부촬영은 가슴의 넓은 부위에 단위 제곱 cm당 23 mR가 조사되는 것이고, 치과구내촬영은 직경 7cm에 조사되므로 같은 면적의 비율로 계산하면 구내촬영에 의한 피폭은 약 1/3 이하가 된다. 이와같이 면적의 비율로 계산한 것은 skin exposure integral로 표시되어 있다. 그러므로 항상 피폭량의 대비는 skin exposure integral로 표시된 것이 서로 비교할 수 있는 수치라고 알고 있으면 된다(참고적으로 말하면, 한국원자력연구소에서 발간한 원자력에 관한 홍보책자에도 skin exposure 값을 우리 몸 전체에 대한 피폭으로 생각하고 표를 제시하여 치과에서 방사선 촬영하는 것이 매우 많은 양의 방사선을 피폭받는 것으로 오인될 수 있게 되어 있다.).

### 6. 구내방사선사진 촬영시 피폭량은?

앞서 밝힌 바와 저자가 조사한 결과 방사선원(radiation source)으로부터 환자-피부간의 거리를 8 인치로 하고, 76 kVp, 10 mA, 15 impulse(0.25초)인 경우 25 mR이다. 14장의 전악촬영은 약 350 mR 정도라고 할 수 있다.

(참고-76 kVp, 10 mA, 15 impulse로 방사선사진 촬영시, X-선 조사통 바로 옆 환자의 뺨에 0-200 mR을 측정할 수 있는 선량계로 측정하면 측정이 불가하다. 이때는 uR 단위로까지 측정할 수 있는 측정기가 필요할 것으로 생각된다).

이러한 수치가 전신적으로, 또는 활동성 골수에 어느 정도의 방사선을 피폭받는 것인지 저자가 알고 있는 한 우리나라에서는 알기가 어렵다.

참고적으로 우리 몸의 활동성 골수(active bone marrow-조혈기능을 갖는 red bone marrow)에 대한 피폭량을 기준으로 하면, 구내방사선사진 17장과 교익촬영 4장 총 21장을 원통형 조사통 이용시 65일, 직사각형의 조사통을 이용할 때 24일(1974년 자료)의 배경방사선에 노출되는 것과 같다고 한다.

1990년 미국 Kodak사에서 나온 자료에 의하면 speed E group(80년대 이후 일반적으로 쓰이는 Ektaspeed(kodak)를 사용할 때 17장의 구내촬영은 대개 약 17일의 배경방사선에 피폭되는 것과 같다고 한다(이 수치는 아마도 rectangular tube를 사용하고 할 때인 것으로 추산된다.). 또한 파노라마 방사선사진은 약 7일, 4장의 교익촬영은 3일에 해당한다고 한다.

그러므로 좋은 촬영조건하에서 17장의 전악구내 촬영을 하였을 때 우리가 받는 방사선 피폭량은 우리가 17일간의 일상생활중 받는 방사선피폭량이 된다고 생각하면 된다.

방사선의 피폭량은 촬영조건(kVp, mA, impulse, 조사통의 형태, 필름속도, 방사선원과 환자와의 거리)에 따라서 달라질 수 있다. 그러므로 우리나라에서 일반적으로 사용되는 (인치 원통형 조사통, 60 kVp, 10mA이하의 전류등의 조건하에서는 위의 표에서 나타나는 피폭량보다는 많을 것으로 추정된다.