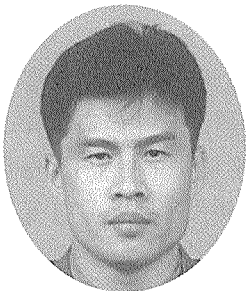


생물학적 선량평가법

방사선 생물학에 관한
분자생물학적 흐름에 대하여



김희선

(주)한국수력원자력, 방사선보건연구원
(방사선 생물학, 수의학박사)

방사선 또는 방사능을 취급하는 작업자, 작업장에서는 항상 사고를 대비하여 예방을 위한 훈련된 절차에 따라서 작업을 수행하고 있다. 그러나, 작업 순서에 예정되어 있지 않는 요인과 작업자의 부주의에 의하여 사고가 발생하는 경우가 있다.

일상 또는 사고시의 피폭원으로서 ① 원자력발전소, 핵 연료제조, 핵 연료 재처리, 핵 연료 물질의 운송, ② 임계실험, 가속기 운전, 비밀봉 선원 취급, ③ X-선 발생장치 (진단, 치료, X-선을 이용한 실험 등), 밀봉선원 (암의 방사선 치료, 비파괴 검사, 발아저지 등의 농업적 이용 등), ④ 방사성물질의 생산가공 등이 있다. 만약에 이런 피폭원에 의한 개인 또는 집단적 사고가 발생하였을 때에 피폭선량을 평가하여 의료적 처치를 위한 정확한 정보의 제공은 매우 중요하다. 본 투고에는 생물학적 선량평가법의 필요성과 방법론, 선량평가 수준에 대하여 간단하게 설명을 하고자 한다.

1. 생물학적 선량평가법의 정의

인체로부터 채취 가능한 생체(혈액, 소변, 치아, 정자 등)나 뇌파 등의 생리학적 시료를 재료로 하여 피폭선량을 추정하고 평가하는 것을 생물학적 선량평가(법)이라고 부른다. 생물학적 선량평가의 목적은 인체가 받은 외부피폭선량을 추정하고 평가하는 것으로서, 외부오염 또는 내부에 섭취된 방사능(방사성 핵종)에 의한 피폭선량을 평가 하는 것은 아니다.

방사성 핵종을 체내 섭취한 경우, 내부피폭에 의한 피폭선량을 산정 하기 위해서는 소변과 대변 등의 생체시료를 재료로 하여 방사성 핵종농도의 측정이 수행된다. 이 측정법을 바이오 분석법(Bioassay)라고 부른다. 바이오 분석의 데이터는

핵종의 체내 대사모델을 참고로 하여 확보하는데 피폭선량 추정시에 도움이 된다. 바이오 분석법은 사고의 형태에 따라서 중요하게 이용되지만, 피폭선량을 직접적인 대상으로 하지 않기 때문에 생물학적 선량평가법으로 포함시키지 않는 것이 타당하다고 생각된다. 여기에서는 생물학적 선량평가의 대상을 외부피폭에 의한 선량추정만으로 제한하여 실용적이면서 대표적인 것만 언급하고자 한다.

2. 생물학적 선량평가법의 조건

생물학적 선량평가법의 조건으로 ① 예민도가 높아야 하며, ② 간편하고 경제적이어야 하며, ③ 신속하여야 하며, ④ 신뢰성이 높아야 한다. 또한, ⑤ 객관성과 재현성이 있어야 하며, ⑥ 선량-반응관계가 확실하여야 한다.

검사를 받는 측면을 고려하여 갖추어야 할 조건으로는, ① 검사를 받는 피폭자의 구속시간이 짧아야 하며, ② 피험자에게 주는 고통이 작아야 하고, ③ 피험자의 협력을 받기가 쉬워야 한다. 아울러, ④ 결과의 판정에 심리적 영향을 받지 않아야 한다.

3. 생물학적 선량평가법의 필요성

방사선 피폭사고시의 생물학적 선량평가법의 목적은 다음과 같이 두 가지로 나눌 수 있다. ① 치료계획의 입안과 예후판정을 위하여 필요하다. 피폭환자의 방사선장해의 정도 및 예후에 대하여 가능한 빠르게 판단하여, 증상에 따라서 적절한 처치를 수행하기 위하여 필요하다. 또한, 피폭당한 사람이 복수인 경우에도 피폭자 전체에 대하여 유효한 계

획을 세우는 것이 가능하다. ② 긴급 의료처치를 위한 환자의 구분을 위해서 필요하다. 다수의 피폭환자가 출현한 경우에, 모든 환자에 대하여 동일한 수준의 의료적 처치가 곤란한 경우가 많다. 이런 경우에는, 생물학적 선량평가법을 이용하여 환자를 구분하고 치료의 효율화 및 최적화를 추구할 필요가 있다.

또한, 집단이 대량의 선량을 피폭 받았을 가능성이 있는 경우, 생물학적 선량평가를 수행함으로써 집단전체에 있어서 피폭의 유무 및 개인에 대한 피폭선량의 추정이 가능하다. 저선량 방사선 피폭의 경우에는 집단 및 개인 모두가 긴급시 피폭의 대상으로는 되지 않지만, 미래의 암 발생 위험도 평가를 위해서도 생물학적 선량평가의 실시가 필요하다.

4. 전신피폭시의 생물학적 선량평가법

1) 혈액의 변화를 지표로 하는 생물학적 선량평가법 : 방사선에 의한 전신피폭 또는 골수를 포함한 광범위한 피폭을 당한 경우에, 무엇보다도 신뢰도가 높은 피폭선량 평가법은 말초혈액의 변화(특히 백혈구의 변화)를 지표로 하는 것이다(표 1). 백혈구수의 변화를 지표로 하는 검사법은 무엇보다도 신뢰도가 높고, 간편하며, 빠르게 결과가 판정된다. 또한 환자의 부담이 비교적 적고, 단장기적인 혈구의 변화에 대하여 추적이 가능하다는 장점이 있다. 방사선 피폭에 의한 급성 골수장해의 결과로서 골수세포의 숫자 및 형태적 이상과 말초혈액 중의 백혈구수(특히 림프구수)의 변화가 중요하다고 할 수 있다. 골수세포의 이상으로서는 골수 유헤세포의 감소, 염색체이상, 미소핵 출현 등이 있다.

표1. 혈액상 변화를 이용한 선량평가

피폭 1일째의 골수 유핵세포수의 변화를 이용한 선량평가	
1-2Gy	10-20% 감소
3-4Gy	25-30% 감소
5-6Gy	50-60% 감소
림프구수의 변화를 이용한 선량평가	
0.25-0.5Gy	변화 없음
1Gy 이하	가벼운 감소
1Gy 이상	50%이상 감소
3-10Gy	현저한 감소
호중구수를 이용한 선량평가	
2Gy이하	4-5주 사이에 가벼운 감소
2-5Gy	3-5주 사이에 중등도 감소
4-9Gy	10-20일 사이에 현저한 감소
혈소판수를 이용한 선량평가	
2Gy이하	4-5주 사이에 가벼운 감소
2-5Gy	3-5주 사이에 중등도 감소
4-9Gy	10-2일 사이에 현저한 감소

2) 염색체이상을 지표로 하는 생물학적 선량 평가법

불안정형 염색체이상분석법: 증식하고 있는 세포는 M기(세포 분열기)RG1기(합성전기)RS기(DNA 합성기)RG2기(합성후기)RM기의 순으로 돌면서 증식해간다. 복제된 DNA는 분열하여 두개의 세포로 나누어진다. 그 과정에서 DNA와 단백질에 의해서 구성되어 있는 크로마틴은 응집되어 염색체의 형태로 된다. 간장, 신장의 세포나 말초혈액중의 림프구 등에 자극이 가해지면, 그때까지 정지상태로 있던 세포가 증식을 개시해 세포주기를 가지게 된다. 이와 같은 세포는 분열기와 DNA합성기의 사이에(G1기) 멈추는데, 이와 같은 특수한 상태의 G1기를 G0기라 한다.

염색체이상은 염색체형이상과 염색분체이상형으

로 나누어진다. DNA합성기 이전(G1기)에 세포가 전리방사선에 의해서 피폭을 받으면, DNA손상(절단)이 복제에 의해서 전사되기 때문에 염색체의 같은 장소에 손상이 표현되는 것 처럼 되어 염색체 이상이 관찰된다. 한편, DNA가 복제된 이후에 장해를 받게 되면, 같은 손상이 양쪽의 DNA에 일어나게 되어 염색분체형이상으로 관찰된다.

전리방사선에 의해서 DNA가 절단되면, 절단사이에 회복이 일어나 DNA는 더욱 잘 수복된다. 그러나, 피폭선량이 크게 되어 절단수가 증가하게 되면, 서로 다른 절단면 사이에 수복이 잘못 일어날 가능성이 있다. 그 결과로 생겨나는 염색체이상 가운데, 이동원체염색체(dicentric)과 환상염색체(ring)가 생물학적 선량평가에서 잘 사용된다(그림 1).

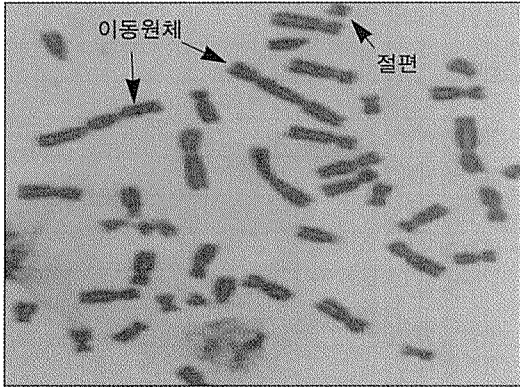


그림 1. 2Gy 감마선(¹³⁷Cs, 0.8Gy/분) 조사 후 말초혈액 림프구 염색체에 나타난 불안정형 염색체 이상

생물학적 선량평가에 사용되는 말초혈액중의 림프구는 G0기에 있기 때문에, 이 염색체이상은 염색체형이다. 이 염색체이상은 화학약품에 의한 것이라기 보다는 방사선에 기인한 특유한 현상으로 생각해도 좋다. 또한, 비피폭자에 있어서 염색체형 이상의 출현빈도는 매우 낮기 때문에, 이동원체염색체와 환상염색체의 출현빈도의 측정은, 피폭선량 추정에 무엇보다도 훌륭한 지표로 된다. 말초혈액 림프구의 염색체이상에 의한 피폭선량 추정은 감도가 좋기 때문에 비교 검사 시료수와 관찰 세포수를 늘리는 방법으로 0.05Gy까지 피폭량을 추정할 수 있다.

염색체 형광 착색법에 의한 안정형 이상 분석(FISH법): 방사선 피폭직후에 생기는 이동원체염색체나 환상염색체 등의 불안정형염색체이상은 현미경아래에서 용이하게 검출이 가능한 것에 반해서, 전좌 등의 안정형 염색체이상의 검출에는 시간과 경비가 필요하다. 1988년 영국의 로렌스리바모아 연구소의 핀켈등이 사람의 염색체 가운데 임의로 한 개만을 DNA in situ hybridization에 의한

형광염색법(FISH)을 이용해 다른 염색체와 구별하는 염색체 착색법을 개발하였다. 이 방법으로 임의의 염색체를 녹색, 적색, 청색 등으로 염색하면 염색된 염색체와 다른 염색체와의 사이에 일어난 이상은 안정형이든 불안정형이든간에 관계없이 모자이크 패턴을 보이기 때문에 염색체이상을 간단하게 검출이 가능하다(그림 2). 한편, 최근에 FISH법을 이용한 해석에서 건강한 성인 림프구에서 전좌가 0.5-1.0% 존재한다는 것이 밝혀졌는데, 이 수치는 이동원체의 출현빈도가 0.01%정도라는 것을 고려한다면 50-100배 정도 높다. 이 백그라운드치는 연령층에 따라서 다를 것으로 생각되기 때문에 앞으로 저선량 방사선 영역에서의 영향평가를 전좌를 지표로 하여 수행하는 경우에는 이 백그라운드를 확실히 파악해 둘 필요가 있다고 생각된다.

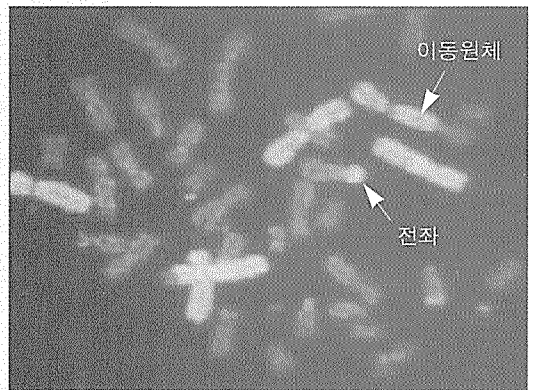


그림 2. 염색체 착색법에 의하여 검출된 염색체 전좌

3) 미소핵에 의한 염색체이상 검출 : 전리방사선에 있어서는 앞에서 설명한 바와 같이 염색체 그 자체의 이상을 관찰하는 방법과 염색체이상 때문에 출현하는 미소핵을 관찰하는 방법이 있다. 미소핵 시험법은, 1959년 에반스등이 강낭콩의 뿌리의 말

단세포에 전리방사선을 조사하여 미소핵이 유발된다는 것을 발견해, 이것에 의해서 염색체이상을 평가해보자고 한 것이 시초였다고 할 수 있다. 미소핵 시험법의 장점은 ① 핵형에 관계없이 검사가 가능하고, ② 검사가 간단하기 때문에 특수한 훈련이 필요 없으며, ③ 단시간에 많은 세포를 관찰 할 수 있고, ④ 장시간이 경과한 후에도 염색체이상의 검출이 가능하다는 것이다. 단점으로는, 염색체이상 종류의 판정은 불가능하며 유사 미소핵의 출현 가능성이 있다는 것이다. 최근에 아크리딘 오렌지 형광염색법을 이용하여, DNA만을 선택적으로 동정하는 방법이 개발되어 미소핵을 간단하게 검출할 수 있게 되었다(그림 3). 그러나 본 방법은 인체에서 자발적으로 일어나는 미소핵의 출현빈도가 높기 때문에 저선량 영역에 대한 선량평가를 하는 경우에는 어려움이 있다. 그러나 4,000-5,000개 이핵세포를 관찰한다면 0.05Gy까지 검출한계를 낮출 수 있다.

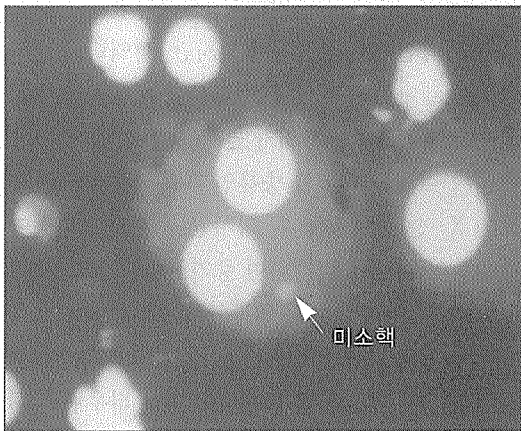


그림 3. 이핵세포에 관찰되는 미소핵(아크리딘 오렌지 염색)

4) 체세포 돌연변이를 지표로 하는 생물학적 선량 평가법

전리방사선이나 자외선 등이 체세포에 돌연변이를

일으킨다는 사실은 잘 알려져 있다. 최근, 사람의 세포혈액(림프구, 적혈구)의 특정 유전자 자리에 출현하는 돌연변이를 정량적으로 검출하여 피폭선량을 추정하는 것이 가능하게 되었다.

T-림프구 hprt 유전자 돌연변이의 측정: 이 방법에 대하여 간단히 언급하면, 말초혈액 T-림프구를 IL-2가 첨가된 배지를 이용하여 배양하고, 6-치오우아닌에 내성을 보이는 세포의 출현빈도를 조사하는 것이다. 그러나, hprt유전자 돌연변이세포는 체내에서 도태되기 쉽고, 장기간 체내에 존재하지 않을 가능성이 있다. 이 때문에, 피폭 후 2년 이내의 피폭선량 추정에 도움이 되는 방법이라 할 수 있으며, 대상자의 유전자형에 의한 제약이 없다는 것이 장점이다. 원폭피해자에서 3Gy피폭되었다고 추정되는 사람의 hprt유전자 돌연변이 빈도는 대상군의 약 1.5배로 나타났다는 기존의 보고 등을 참고로 하여 볼 때, 0.05Gy를 최저한계로 피폭군을 대상으로 검사할 수 있는 방법이라고 사료된다.

적혈구 GPA 유전자 돌연변이 분석법: 말초혈액 림프구를 이용한 염색체이상 분석은 피폭선량의 좋은 생물학적지표로서 이용되어 왔다. 그러나 이상염색체의 계측에는 숙련자가 필요함과 동시에 많은 노력과 시간이 필요하여 대규모조사에는 적당하지 않다. 최근, 단클론항체와 유세포분석기술이 발전하여 손쉽게 얻을 수 있는 말초혈액세포를 이용하여, 사람의 신체 내에 생긴 체세포 돌연변이 빈도를 신속하게 검출할 수 있게 되었다. 특히, 방사선 관련 작업종사자에 대한 체세포 돌연변이 측정법 가운데, 피폭사고나 일생에 걸친 피폭선량의 생물학적 추정에 유효하다고 생각되는 방법이 적혈구 Glycophorin A (GPA)유전자에 있어서 돌연

변이 측정이다. 이 방법을 적용하기 위한 대상자는 MN 헤테로 접합체의 혈액형을 갖는 사람이다. GPA는 사람의 4번 염색체 유전자로 MN식 혈액형을 결정하고 있는 항원분자로 M형과 N형의 GPA 대립유전자는 우성으로 발현되고 있다. 사람에서는 MM형, MN형 및 NN형의 3가지의 혈액형이 있으며, 비율은 3:5:2로 나타난다. M형과 N형의 GPA의 구조의 차이는 N말단부터 1번째와 5번째의 아미노산의 차이에 기인된다. M 또는 N형의 GPA에 대하여 특이적으로 반응하는 단클론항체나 양쪽방향 형의 GPA에 반응하는 단클론항체에 반응하는 단클론항체를 이용하여 GPA발현의 변이 측정에 이용한다 (그림 4). GPA돌연변이 적혈구의 출현빈도는 림프구의 염색체이상과 강한 상관관계를 표시한다. GPA돌연변이 적혈구는 체내에서 쉽게 도태되지 않기 때문에 일생에 걸친 피폭선량의 추정에 적합하다고 할 수 있으며, 대상자가 MN혈액형 헤테로 접합체에 한정된다는 단점이 있다. 이 방법을 이용하여 추정 가능한 피폭선량 영역은 0.2-4Gy이라고 생각된다.

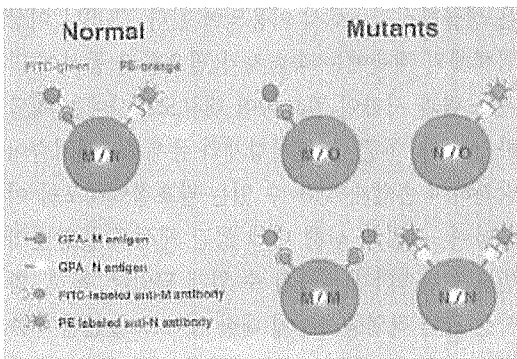


그림 4. 단클론항체에 의한 적혈구 GPA유전자 변이체의 검출원리

T세포 리셉터 (TCR) 유전자 돌연변이 분석법: 성숙 T-림프구의 세포막 표면에는, TCR과 CD3항원이 비공유결합적으로 복합체를 형성하여 세포막상에 발현하고 있다. 만약, 전리방사선에 의해서 TCR α 쇄 또는 β 쇄 유전자 돌연변이가 생기면, 이 복합체 형성이 저해되어 CD3은 세포막상에서 발현되지 않게 된다. 집단 피폭이나 대량의 피폭자가 발생한 경우에 적용할 수 있는데, 이 방법을 이용하여 추정 가능한 선량영역은 0.2-4Gy이다.

생화학적 변화를 지표로 하는 선량평가법: 전리 방사선 피폭에 의하여 체외로 배설되는 핵산 염기대사 산물이나 아미노산량은 피폭선량과 관계가 있다는 것을 근거로, 이 물질들의 배설량을 이용하여 피폭선량을 추정하기 위한 연구가 수행되고 있다 (표 2). 그러나, 이런 물질들의 배설량은 정상인에서도 개인차와 날짜에 따른 변동이 크며, 동일한 사람에서도 음식물의 종류에 따라서 변동이 크다는 단점이 있다. 다시 말해서, 생화학적 지표만으로는 피폭선량 추정이 곤란하지만, 혈액학적 변화와 염색체이상 등과 병용할 경우에 피폭선량 추정의 보조수단으로서 가치가 높다고 할 수 있다.

핵산의 대사산물의 한 종류인 데옥시시티딘은 랫트의 X-선 전신조사 후 24시간 동안의 소변중에 배설량이 선량에 비례하여 증가한다는 것이 보고된 바 있다. 아미노산의 일종인 시스테인 대사산물인 타우린의 소변중 배설량 역시 선량에 비례하여 증가하는데, 백혈구에 축적되어 있는 타우린과 관련이 있는 것으로 생각이 된다. 체르노빌 원자력발전소 사고에서는 타액선 피폭에 의한 것으로 생각되는 혈청 아밀라제활성의 증가나 화상 당한 피부로부터 방출된 것으로 여겨지는 트랜스아밀라제활성의 증가가 보고된 바 있다.

표 2. 방사선 피폭 후에 오줌으로 배설이 증가되는 대사물질

β-아미노이소산 (BAIBA)	DNA의 분해산물로서 방출되는 티민이며, 조직내에서 환원반응을 거쳐 가수분해되고, (-아미노이소산을 거쳐서 BAIBA로 되어 배설된다.
글리신	16종류의 아미노산의 오줌중의 배설은 어느것이나 증가하지만, 특히 글리신의 배설증가가 현저하게 나타나는 것은 콜라겐의 분해가 원인이다. 이것은 콜라겐에 글리신이 많이 함유되어 있기 때문이다.
크레아틴	랫트나 원숭이를 이용한 실험에서 피폭 후 오줌중에 크레아틴의 배설이 증가한다는 것이 보고되고 있지만, 사람에서는 변화가 없었다는 보고도 있다. 크레아틴은 체내에서 대부분 근육중에 존재하며, 랫트의 경우 피폭 후 4일간 오줌의 크레아틴/크레아치닌 비율이 50-600범위내에서 피폭선량에 직선적으로 비례하여 증가한다는 것이 관찰되었다.
타우린	피폭직후의 배설증가는, 백혈구등에 유리 또는 결합형으로서 존재하는 타우린의 방출이 증가된 것이지만, 늦게 생기는 이차적 배설증가는 각종 단백질의 분해산물로서 생기는 시스테인이 산화되면서 탈탄산된 타우린으로 되어 배설되는 것이 대부분이다.
디옥시시티딘	사멸된 세포의 DNA가 분해되어 방출되는 것과 세포증식의 정지에 동반하여 증가된 것이 배설된다.
5-하이드록시인돌초산	결합조직내의 비만세포나 소화관벽 용모세포의 파괴에 동반되어 세로토닌이 방출되고, 5-하이드록시인돌초산으로 대사되어 배설되는 것으로 생각된다.

5) 사람의 정자 염색체 변화를 지표로 하는 선량 평가법: 사람의 생식세포에 대한 염색체이상의 검토는 방사선에 의한 유전적 영향의 평가를 하기 위해서 매우 중요하지만, 사람의 정자 및 난자를 이용한 실험은 실제적으로 불가능하다. 각종 실험동물을 이용한 생식세포의 유전자 이상형 검사법이 기존의 연구를 통하여 확립이 되어 있다고는 하지만, 인간이라는 특성 앞에 평생 몇 번 적용이 될 지 의문이다. 이 방법은 사람 정자와 투명대를 제거한 햄스터 난자 사이의 이종간 체외 수정법에 의해서 사람의 염색체 변화를 관찰 할 수 있다. 방사선 피폭에 의해서 유발된 사람 정자의 염색체이상은 염색체 절단, 단편의 이상 재결합이 대부분이고 교환형이상의 발생은 적다. 방사선에 의한 정자 염색체

의 감수성에는 개인차가 없다는 장점이 있다. 이 방법에 의하여 추정 가능한 피폭선량 평가영역은 0.15-4Gy정도이다.

5. 부분 피폭시의 생물학적 선량평가법

1) 피부의 방사선 열상정도를 이용한 선량평가
방사선 사고시 발생할 수 있는 방사선에 의한 열상의 정도는 급성 방사선 증상의 치료방침을 결정하는 데 중요한데, 재연성에서 개체적 차이 뿐만 아니라 한 개체에서도 부분적으로 차이를 보이는 피폭정도 때문에 치료가 곤란한 경우가 많다. 이런 이유로, 피폭초기의 피부 국소 피폭선량의 추정이 치료방침의 결정이나 피부상해의 예후판정 등에

필요하게 된다.

피부의 급성피폭시의 임상증상을 이용한 선량추정에는 선량에 따른 다양한 임상증상 발현양상을 이용하게 된다. 이밖에도, 다음과 같은 몇 가지의 문제점을 고려하여 선량을 평가할 필요가 있다. 즉, ① 피부 방사선 열상의 특징은 피폭선량이 클수록 증상 발현까지의 시간이 짧다. ② 피폭선량이 동일하다고 할 지라도, 방사선의 종류에 따라서 피부 손상 정도가 다르다. 예를 들어, 베타선에 의한 피폭

은 X선이나 감마선에 의한 피폭보다도 손상의 정도가 크다. ③ 동일 종류의 방사선일지라도 피폭면적이 넓을수록 또는 방사선의 에너지가 클수록 손상정도가 심하게 된다. 앞서 기술한 내용을 바탕으로 하여 피부에 대한 피폭선량을 추정해 보면 표 3과 같은데, 일시적 탈모는 3Gy로부터 시작되며 7Gy에서 영구탈모가 출현한다. 피부의 발적(홍반)은 5Gy, 궤양은 20Gy이상의 피폭에서 발생한다.

표 3. 방사선 피부증상에 있어서 선량과 발현시간

피부증상	선량(Gy)	피폭 후 발현시기
초기홍반	2	수-48시간
일시탈모	5	수-10주간
건성탈락	15	3 - 6주간
이차홍반	20	4 - 6주간
습성탈락	20	4 - 6주간
영구탈모	12	10주간
괴사	18	6개월
피부수축	10	1 - 10년
모세혈관확장	10	

2) 전자스핀공명법(ESR)을 이용한 선량 평가법
 생체세포의 분자가 방사선에 피폭 당하면 라디칼이 발생한다. 라디칼 수는 피폭선량에 비례하여 증가한다. 한편, 자기장내에서 발생한 라디칼에 대하여 전파를 주면 이 전파에너지가 흡수된다. 이 현상을 ESR (electron spin resonance) 흡수 현상이라고 부른다. ESR의 흡수량은 라디칼수에 비례하고 발생한 라디칼은 피폭선량에 비교해서 증가하기 때문에 피폭자의 피폭선량을 추정할 수 있는데, 치아 에나멜과 설탕을 이용한 생물학적 및 물

리학적 선량평가법이 활용의 가치가 높다고 할 수 있다.

치아 에나멜을 이용하여 선량평가: 치아 에나멜질은 ESR신호의 경시적인 변화가 작고, 선량과의 비례관계가 뛰어나기 때문에 선량추정 방법으로 추천되고 있다. 그러나 시료로서 에나멜만을 선택적으로 채취할 수 있는 방법이 확립되어 있지 않고, 피폭자가 과거에 치과 X-선 진단과 같은 의료방사선과 자연 방사선 피폭에 의해서 실제의 피폭추정이 불가능 할 경우가 있다. 이 방법을 이용하여 추

정 가능한 선량영역은 0.1-30Gy이다.

설탕을 이용한 선량평가: 치아 에나멜질과 함께 설탕을 이용하는 방법이 있다. ESR은 표준시료의 Mn(망간)의 흡수피크와 설탕의 흡수피크의 크기의 비율이 흡수선량에 비례한다는 것을 이용한 것이다. 설탕의 ESR신호량은 그의 보존 온도에 의해서 변화되지 않기 때문에 피폭후의 기후의 변화를 고려할 필요가 없다. 설탕은 가정이나 사업소 어느 곳이나 있고, 실제로 피폭선량 추정시에도 이용 가능성이 높다. 그러나, 피폭자와 설탕이 놓여 있는 위치관계, 피폭후의 설탕이 소비되어 버리고 마는 것 등이 문제점이라고 할 수 있다. 이 방법을 이용하여 추정 가능한 선량영역은 0.04-8Gy이다.

6. 맺는말

방사선 피폭사고에 있어서 그의 대응책을 생각하는 경우에 무엇보다도 중요한 것은 피폭선량이다. 방사선 피폭사고에서는 선량계를 갖고 있지 않으면서 피폭을 당하는 경우가 있기 때문에 생물학적 선량평가는 이런 측면에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다고 할 수 있다. 실제로 피폭사고가 일

어나서 의료적 처치가 시작되는 긴급사태의 경우에는, 일상적 대응책뿐만 아니라 다른 목적으로 준비되어 있는 수단까지를 총 동원하여 활용하는 것이 매우 중요하다. 실제의 긴급시 대응책은 또 다른 의미에서 사고 시점에서 그 국가의 문화를 종합적으로 반영하게 되는 것이라고 할 수 있다. 방사선이나 원자력의 이용을 추진하기 위해서는 생물학적 선량평가법에 관련한 연구를 계속하면서 전문가를 확보해 놓는 것은 이런 의미에서 매우 중요한 것이라고 생각한다. 금번 투고에서는, 방사선 피폭사고시의 긴급의료를 염두에 두고서 생물학적 선량평가법을 중심으로 실제적 기법에 대하여 설명을 하였다. 추후에 기회가 되는 데로 저선량 방사선의 인체영향에 대한 현재의 경향 및 연구흐름에 대하여 언급을 하고자 한다.

끝으로 저선량 전리 및 비전리 방사선에 대한 생물학적 영향평가에 대하여 연구를 하고 계시거나 연구를 하시고자 하는분들의 공동연구등에 대한 조언과 충고를 받고자 하오니 연락 주셨으면 감사하겠습니다. **KRIA**

참고문헌

1. "Effects of nuclear war on health and health services", p81. World Health Organization, Geneva, 1983.
2. Iwamoto, K.S., Hirai, Y., Umeki, S., Kusunoki, Y., Kyoizumi, S., Kodama, T., Ohama, K., Nakamura, N. and Akiyama, M., J. Radiat. Res., 35, 92-104, 1994.
3. Mayall, B.H., Carrano, A.V., Moore, D.H., Ashworth, L., Bennett, D.E. and Mendelsohn, M., Cytometry, 5, 376-385, 1984.
4. IAEA, "Biological dosimetry, Chromosomal aberration analysis for dose assessment", IAEA technical report series No.260, IAEA, Vienna, 1986.
5. Fenech, M. and Morley, A.A., Mutat. Res., 161, 193-198, 1986.
6. 生島降治, Radioisotope, 44, 559-569, 1995.
7. ICRP Publ.41, Nonstochastic effects of ionizing radiation, 1984.
8. Nakajima, T., Appl. Radiat. Isot., 45, 113-120, 1994.