

방사선 안전 관리



김 한 해 종 순
 일 병 원
 학 학 실

방사선안전관리란 전리방사선의 장해로부터 인체를 방어하기 위한 관리 체계의 분야라 할 수 있으며 이러한 분야를 책임지고 있는 보건물리학자(health physicist) 방사선안전관리 책임자는 방사선의 이용을 증진시킴과 동시에 전리방사선의 장해로부터 작업종사자를 방어해야 한다. 이때 방사선 사용에 따른 이익(benefit)을 상실하지 않으면서 종사자의 장해 위험도(risk)와 장해 방사비용(cost)을 감소시킬 수 있는 방법 및 조치를 강구하여 실시하여야 한다. 이러한 방사선안전관리의 변천사를 간단히 요약하면 1895년 Roentgen이 X-선을 발견하고 Becquerel에 의해 그 생물학적 위험성이 알려진 이래 1925년 외부방사선원 피폭에 대한 최초의 안내 지침으로 내용선량(tolerance dose)을 홍반(erythema)량의 1/100(0.2R/일)로 정하였다.

1928년 국제 X선라듐방어 위원회(IXRP)가 설립되었으며, 1936년 허용선량을 100mR/일로 줄이게 되었다. 1942년 맨하튼 계획으로 미국 시카고에 최초의 원자로가 설립된 이후 현대 보건물리학이 시작되었고 1945년 미국 국립 방사선방어측정위원회(NCRP)는 다른 작업 종사자의 위험도와 비교하여 최대 허용 피폭선량을 정하였다.

1950년 IXRP가 국제 방사선방어위원회(NCRP)로 개칭되면서 최대 허용 선량을 0.3 R/주로 낮추고, 1960년에 현재와 같은 방사

선안전관리체계의 기본골격이 확립된 이래 그 권고사항을 개정해 오고있다. 인류는 방사선을 이용하여 많은 혜택을 받고 있는 반면 방사선 이용의 위험이 항상 함께있다. 따라서 방사선 시설에서 작업하는 종사자 뿐 아니라 일반 사람들에서도 방사선에 의해 생길 수 있는 신체적, 유전적 영향으로부터 인체를 보호 하여야하며 또한 폐기물 방출도 극소화하여 환경 오염도 방지하여야한다. 이러한 방사선의 위험으로부터 보호받기 위하여는 첫째 모든 방사선 피폭은 해로우며 둘째 많은 사람이 적은양의 방사선 피폭을 받는 경우나 적은 사람이 많은 양의 방사선피폭을 받는 경우 모두 인구 전체에 미치는 유전적 효과는 같다는 전제하에 현재 각 작업장에서는 최대허용선량을 지키기 위한 노력보다는 한단계 더 나아가 위의 원칙에 입각하여 가능한 한 방사선 피폭을 줄이기위해 노력하여야 한다.

그러면 이러한 방사선 피폭을 줄이기위해 방사선 방어의 실제와 예방 방법에 관하여 살펴보자. 방사선 피폭의 형태는 방사선 조사(irradiation)와 오염(Contamination)으로 구분 할 수 있으며 오염은 다시 피부오염, 오염된 상처, 체내오염으로 나눈다. 이를 방사선 관리상 외부피폭, 내부피폭, 외부오염으로 분류하여 설명하고자 한다.

1) 외부피폭 관리

외부피폭 관리의 3대 원칙은 시간(방사선 피폭시간의 단축), 거리(방사선원으로부터의 충분한 거리 유지), 차폐(방사선원을 충분한 차폐 물질로 차단)를 들 수 있다.

가장 경제적이고 간편한 방법은 거리를 증가시키는 것으로 방사선 피폭량은 거리의 제곱에 반비례하여 줄일 수 있다. 피폭시간의 단축은 방사성 물질을 다루기 전에 충분히 숙련된 상태에서 방사성 물질취급을 함으로써 작업시간을 줄일 수 있다. 차폐체는 비중이 낮고 원자번호가 큰 물질이 이상적이다. 그 예로 방사성 물질의 이동 및 보관시 사용하는 납용기(lead container), 주사기 납용기(syringe shields), 납 차폐판(lead barrier) 및 납 안경(lead glass) 등이 있으며 방사선 발생장치 혹은 치료실은 납 혹은 콘크리트로 벽 차폐를 해야한다. 알파와 베타 방사선은 투과력이 약하므로 간단히 차폐될 수 있으며 대부분의 알파 입자는 종이 한장으로 거의 흡수 차단되나 고 에너지의 베타선(P, Sr)은 높은 Z값이 물체와 반응하여 제동 방사선(Bremsstrahlung)을 생성하므로 낮은 원자번호의 흡수 차폐체(예 : lucite등)를 사용하여 제동 방사선 생성이 거의없이 베타입자를 흡수 차단할 수 있다.

2) 내부피폭 관리

실험실내에서 동위원소 취급시 특히 우려가 되는 것이 동위원소를 흡입하거나, 마시거나, 상처난 피부에 오염되어 체내에 흡수 및 축적되는 내부피폭의 경우이다. 이러한 방사성 핵종에 의한 체내오염은 오염후에도 오랫동안 체내에 남아 내부피폭을 일으키게 되며 또한 특정 장기나 조직에 선택성이 있어 외부피폭에 비해 더욱 복잡하고 심각한 방사선 장애를 일으킬 수 있다. 일단 체내에 축적된 방사성 핵종은 제거하기가 힘들므로 예방에 주의해야 한다.

예를들어 용해성 우라늄 계열의 방사성 핵종이 흡수될 경우 2시간내에 골 조직에 완전히 침투하며, 따라서 이런 종류의 피폭을 줄

이기 위해서는 각종 방사성핵종의 물리학적 생물학적 특성을 충분히 숙지할 필요가 있으며 내부피폭이 의심될 경우 다음과 같은 방법을 통해 내부피폭량을 측정할 수 있다.

가) 공기채취, 표면오염도, 피부오염은 계수율계 측정등의 방법으로 환경오염의 정도를 구하며 작업시간을 곱해 체내피폭의 양을 추정하는 방법이 있으나 부정확하다는 단점이 있다.

나) 체액 혹은 조직(요, 대변, 혈액, 모발)에서 방사선을 측정후 이로부터 내부피폭 선량을 계산하는 방법으로 동위원소의 체내 대사를 알아야 정확히 측정 할수 있다. NRC는 I-125와 I-131를 취급하는 작업자(370 MBq(10mci)이상의 I-131을 환자에게 투여하는 의사 포함)와 다량의 H-3, C-14, P-32등을 취급하는 사람들에게 요 분석검사와 같은 생체검사(bioassay)를 요구하고 있다.

다) 전신계측(Whole body counting)은 내부 축적된 방사성 물질로부터 방출되는 감마, 베타, X선 등의 방사선을 직접 측정할 수 있어 예민하다는 장점이 있는 반면에 내부피폭과 외부피폭을 구별할 수 없고 일상적 이용이 힘든 단점이 있다.

라) 핵의학 진료에 이용되는 감마선 섭취 계측기와 감마카메라는 방사선 내부피폭을 일상적으로 알아보는데 이용될 수 있다. 즉, 감마카메라를 이용하여 crude potopeak analysis를 하거나 스캔을 통한 체내 방사성 핵종의 국소적 집적 및 분포를 알 수 있다. 방사선 내부피폭의 대표적 핵종인 방사성옥소의 오염여부를 갑상선섭취계측을 통하여 알 수 있다.

이때 내부피폭이 확인되었을 경우 핵종 제거 및 치료방법을 알아보면 일단 내부피폭이 의심되는 경우 핵종의 종류, 섭취경로, 체내 섭취량을 결정하여 내부피폭의 정도와 치료의 필요성 여부를 빨리 결정해야하며 다음과 같은 조치를 취하여야 한다.

가) 경구섭취로 인한 내부오염 핵종의 제거 구토를 유발시키거나 위장펌프를 이용하여

위로부터의 오염핵종을 제거하고 침전제나 제산제를 투여하여 불용성 화합물을 만들며 위를 통과하여 장관내에 있는 오염핵종은 장관세척을 하여 제거를 촉진함으로써 복부 각 장기의 방사선 피폭량을 줄인다.

나) 공기 흡입에 의한 내부피폭의 제거
생리식염수로 입과 코등을 씻어내고 거담제를 투여하여 기관지내 섬모운동을 촉진시켜 제거를 돕는다.

다) 피부 혹은 상처를 통한 흡수 핵종의 제거
방사성 물질에 오염된 피부 혹은 상처는 세척을 하거나 피부에 스며든 오염물질의 외과적 제거술(debridement)등이 요망되며 특히 베다선 방출 핵종의 경우 빨리 제거되지 않으면 노출된 피부주위에 다량의 방사선 피폭을 줄 수 있다. 피부오염을 제거하는 방법으로는 먼저 유화제(mild detergent)로 가볍게 씻어내고 이때 피부를 탈피시키지 않도록 한다. 상처가 없는 경우 탈피시키면 오히려 체내 흡수를 촉진시킬 수 있다.

라) 일단 체내흡수된 오염핵종의 제거
오염물질이 일단 혈액 순환계로 흡수되면 더욱 제거하기가 힘들며 이 경우 오염 물질 제거 촉진제의 투여를 고려하게 된다. 일부 오염 핵종의 배출을 촉진시킬 수 있는 착화제로 Ca-DTPA가 사용되고 있으며 최근에는 Zn-DTPA를 이용하여 부작용을 줄이면서 동등한 효과를 얻을 수 있어 많이 사용된다. 이뇨제 및 다량의 수액제 투여, 맥주를 마시는 등의 다량의 수분섭취는 3중수소(H-3)의 배출을 촉진시킬 수 있다. 또 오염된 방사성 핵종의 안정 핵종을 투여하면 대사과정에 경쟁적으로 작용하여 결정장기에 오염 핵종의 집적을 막아 빨리 체외로 배출시킬 수 있다. 예를들면 충분한 양의 안정 옥소를 빨리 투여한다면 방사성 옥소의 갑상선 섭취를 차단시킬 수 있다.

마) 방사성 옥소로부터 갑상선 피폭의 차단
I-125 및 I-131을 취급하는 기사 혹은 치료량의 방사성을 옥소를 투여하는 의사의 경우

방사성 옥소를 흡입할 수 있으므로 예방적으로 안정 옥소를 투여할 수 있으며 핵연료가 녹는 대형 원전사고의 경우 방사성 옥소가 공기중으로부터 흡입되어 핵의학적인 진단 및 치료용으로 사용되는 I-131의 양보다 더 많은 양이 갑상선에 축적될 수 있으므로 안정 옥소를 예방적으로 투여하면 방사성 옥소의 갑상선 섭취를 99%차단시킬 수 있다. 옥소 차단제로서는 옥화 칼륨(Potassium iodide)이 부작용이 적고 130mg(옥소 100mg)을 하루한번 투여하여 갑상선 섭취율을 1%이하로 줄일 수 있어 널리 사용되고 있으며 포화용액형태(SSKI, 1gKI/mg)와 정제(130mg KI/tab) 등이 있다.

3) 외부오염의 관리

표면오염은 기체, 액체, 고체 형태이거나 고정 혹은 제거될 수 있는 형태로 나타나며 오염지역은 계수율계로 검측하여 발견할 수 있으며 오염구역이 발견되었을 때 먼저 조치하여야 할 사항은 경고표시를 붙이고 사람의 접근을 금지시켜 확산을 막아야 한다.

다음 제염작업자는 방호복과 개인 선량계를 착용한 후 즉각적인 제염작업을 실시한다. 이때 오염물이 다른 장소로 확산되지 않도록 해야하고 제염이 끝난후 잔류량을 측정해야 한다.

끝으로 방사성 폐기물 관리에 관하여 언급하고자 한다.

사용이 끝난 방사성 물질은 환경오염을 시키지 않도록 폐기 되어야 한다. IAEA 간행물 No 38은 다음과 같은 기본 폐기 원칙을 제안하고 있다.

가) 희석 및 분산 : 저준위 고체, 액체, 기체 폐기물

나) 보관 폐기, 지연 및 붕괴 : 반감기가 짧은 고체, 액체, 기체 폐기물

다) 농축 및 봉입 : 중준위 및 고준위고체, 액체, 기체 폐기물

한편 방사선 물질의 성상에 따라 액체 폐기물은 저수탱크 오염감시기등의 배수설비를 통해 최대 허용 농도 이하로 희석후 배출시

켜야한다. 고체 폐기물은 저장후 일정기간이 지나면 수거 운반하여 처분시키고 고체 폐기물은 압축시켜 용적을 줄인 후 포장하여 보관시킨다.

이상에서 살펴본 바와 같이 방사선을 잘 이용하면 인류 발전에 많은 공헌을 할 수 있는 반면에 방사선의 위험이 따르고 있기 때문에 이 분야에 종사하고 있는 모든 종사자

들이 책임감을 가지고 가능한 한도의 비용과 노력으로 방사선 피폭을 최소화하고 ICRP에서 권고하고 있는 방사선 피폭이 수반되는 행위에 대해 그 행위의 정당화(justification), 방사선 방어의 최적화(optimization), 개인의 선량 및 위험한도 (dose and risk limitation)를 설정하여 보다 좋은 환경에서 근무할 수 있도록 노력하여야겠다.

원고모집

本協會에서는 매 분기 발간하는 會報誌에 게재할 기술정보, 국내외 소식, 수필, 학술활동 論壇 및 時論을 모집하오니 회원 여러분께서는 적극 투고하여 주시기 바랍니다.

○접 수 : 수시

○보낼곳 : 사단법인 한국방사성동위원소협회 진흥부
서울 강남구 대치동 960-12(과학회관 5층)

우편번호 : 135-280

전화번호 : 566-1092-3

※ 채택된 원고에 대하여는 소정의 원고료를 지급합니다.