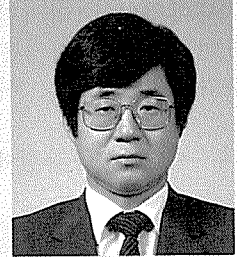


방사선사고의 의료대책



김 종 순
한전부속 한일병원
내과 과장

최근 국내에서의 원자력 발전소(이하 원전으로 약칭)의 인근 주민들의 방사선 누출로 인한 인체장해에 대해 관심이 급격히 증대되고 있다. 전문가들의 방사선 안전관리 측면에서 보면 원전이 방사선 이용시설 중 국제적인 감시체계하에 가장 안전하게 운영되고 있으나 눈으로 인지할 수 없다는 물질의 특성상 그 위험도에 대해 민감하게 반응하는 것이 오히려 당연하다고 하겠다.

인류가 방사선을 발견하고 이용범위가 넓어짐에 따라 원전에 비해 상대적으로 안전관리가 미흡할 수 밖에 없는 산업용 방사선 조사기의 이용 및 동위원소와 폐기물의 운반과정중 발생하는 사고는 선진국에서도 일부나마 피할수 없게 되었다. 더구나 우리나라는 안전관리 체계가 훨씬 뒤떨어지는 북한 혹은 중국의 원전등 핵시설에 대한 통일 전후의 대비가 있어야 하겠고 현실적으로는 일부나마 일어날 수 있는 방사선사고에 대한 철저한 의료대책이 요망된다.

1993년 3월 미국 베데스타市와 10월 알버카키에서 2차례 방사선사고의 의료대책이란

주제하에 전문가 회의가 있었다. 본 연구실에서는 이에 대한 정보를 수집하기 위해 필자가 참석하게 되었는데 우리 관련 의료계에서도 이제는 이 분야에 대해 구체적인 관심을 가지고 대비해야 할 것으로 생각된다. 따라서 방사선사고에 대한 의료대책을 간략하게나마 요약해보고 기회가 있다면 좀 더 구체적으로 기술하고자 한다.

방사선사고의 유형은 크게 방사선조사(irradiation)와 방사성물질의 인체오염(contamination)으로 분류되고 다시 세분하면 전신조사, 부분조사, 외부오염, 내부오염으로 나눌 수 있다. 방사선조사보다는 오염이, 부분조사 보다는 전신조사가, 또 외부오염보다는 내부오염이 의료대책상 중요하다.

방사선사고가 나면 1차적으로 피폭의 유형 및 정도를 평가하고 제염조치를 할 수 있는 1차지원병원이 지역별로 지정되어 있어야 하고 대형사고에 대비하여 학교등 공공 수용시설을 이용할 수 있도록 제도적으로 연계되어야 하겠다. 대량의 방사선피폭을 받는 경우 생기는 급성방사선증(구토, 두

통, 발열들의 전구증상후 피폭량에 따라 골수장해, 소화기관장해, 뇌신경장해등이 동반된다)을 치료하기 위해 주치료센타는 물론 다수의 종합병원이 연계되어 있어야 한다.

현재의 방사선장해 검진으로 이용되는 의사의 진찰, 혈액검사(백혈구 특히 림프구수) 외에 염색체검사 및 내부피폭평가를 한후 피폭정도에 따라 의료조치가 신속히 이루어져야 한다. 신체부분 방사선조사의 경우 일반 화상에 준해 치료하나 내부장기에 대한 영향평가(정충수의 감소등)를 해야하고, 피부오염의 경우는 정해진 원칙에 따라 제염조치가 이루어져야 한다.

불행히도 내부오염된 경우는 섭취경로(코, 입, 상처등)에 방사성물질이 체내흡수가 되지 않도록 조치해야 하며, 일단 체내 흡수된 오염물질은 인체에 영향을 되도록 적게하기 위해 신속히 배출시키는 치료법이 시행된다. 이러한 일관된 방사선사고의 의료대책이 이루어지기 위해서는 방사선사고 응급의료팀(전문의사, 보건물리 전문가, 의료기사, 간호사, 행정요원, 경찰 등)이 구성되어야 하며 평수 각자의 임무를 숙지하고 일사불란한 협조체계가 이루어질 수 있도록 주기적인 훈련이 있어야 한다. 방사선 환자를 다루는 응급실 및 병원설비는 1차지원센타 및 주치료센타의 영구설비와 일반병원을 사고시 신속히 치료시설로 전환하는 임시설비로 구분되며 이를위해 제염데이블등 방사선사고용 비품함이 구비되어야 한다.

장기간 소량의 방사선피폭후 발생하는것으로 알려진 암등의 만성효과는 아직 확실하지 않다. 최근의 다른 연구보고들은 소량의 방사선피폭은 오히려 인체 면역기전을 향상시켜 질병저항력을 키워준다(방사선 호메시스)하여 라돈온천장의 긍정적 효과를 뒷받침 해 줄지도 모른다. 하지만 다량의 방사선피폭은 의심할 여지없이 인체에 심각한 영향을 주게되므로, 이에 대해 현실적인 의료대책을 실천할 때라고 생각된다.

방사선 사고시 내부피폭에 대한 의료대책

방사선 사고시 발생하는 방사선피폭의 형태는 방사선 조사(irradiation)와 오염(contamination)으로 분류된다. 방사선핵종의 오염으로 인한 내부피폭은 방사성 핵종의 (1)연무(aerosol) 혹은 가스형태로 흡입 (2)경구섭취 (3)상처나 피부를 통한 흡수 등의 경로를 통해 우발적으로 이루어지게 된다. 이러한 방사성 핵종에 의한 체내오염은 오염후에도 오랫동안 체내에 남아 내부피폭을 일으키게 되며 또한 특정장기나 조직에 선택성이 있어 외부피폭에 비해 보다 복잡하고 심각한 방사선 장해를 유발하는 일이 흔하다.

방사선 내부피폭에 대한 대책은 일단 체내 축적된 방사성 핵종을 제거한다는 것은 힘드므로 내부피폭을 예방하는 일이 중요하며 이는 체내로 들어오는 모든경로를 차단하는데 집중이 된다. 이미 내부피폭이 된 경우 우선 방사선피폭량을 결정하여 허용량을 넘었는가를 평가해야 한다.(ICRP Pub 2, 6, 30) 용해성 우라늄 계열의 방사성 핵종이 주사나 상처를 통해 흡수될 경우 2시간내에 골조직에 완전히 침투하므로 각종 방사성 핵종에 대한 물리 화학적, 생물학적 특성을 사전에 충분히 숙지하여 조기전달 및 치료가 이루어져야 하겠다.

내부피폭의 평가

방사성 동위원소의 내부오염을 발견 및 피폭량을 판단하는 방법은 3가지로 나눌 수 있다. (1) 공기채취, 표면오염도, 피부오염의 ratemeter 측정등의 방법으로 환경오염의 정도를 구한 뒤 작업시간을 곱해 체내피폭을 추정하는 방법이나 부정확 하다는 단점이 있다. (2) 체액 혹은 조직(뇨, 대변, 혈액, 모발)에서의 방사능을 측정후 이로부터 체내피폭량을 계산하는 방법으로 이는 동위

원소의 체내대사를 알아야 정확히 측정할 수 있다. NRC는 I-125와 I-131을 취급하는 작업자(10mCi 이상의 I-131을 환자에게 투여하는 의사 포함) 및 다량의 H-3, C-14, P-32 등을 취급하는 사람들에게 노분석 검사와 같은 bioassay를 요구하고 있다.

한편 분해작업시 발생하는 큰 방사능 입자를 흡입한 경우는 코 앞부분과 인후부에 주로 걸리고 화재시 발생하는 작은 방사능 입자를 흡입한 경우는 기관지 혹은 폐심부 기포에 침착되는데 전자의 경우 비공(nostril)에서 분비물을 채취하여(nasal swab) 내부피폭의 정도를 추정하는데 도움을 줄 수 있다.

(3) 전신계측은 내부측적된 방사성물질로부터 방출되는 감마, 베타, 엑스선 등의 방사선을 직접 측정하는 방법으로 빠르고, 정확하고, 편하게 측정할 수 있으며 예민하다는 장점이 있는 반면에 내부피폭과 외부피폭은 구별할 수 없고 임상적이용에는 힘든 점이 있다. (4) 핵의학 진료에 이용되는 갑상선 섭취 계측기와 감마카메라는 방사선 내부피폭을 임상적으로 알아보는데 이용될 수 있다. 즉 감마카메라를 이용하여 crude photopeak analysis를 하거나 스캔을 통한 체내 방사성핵종의 국소집적 및 분포를 알 수 있다. 방사선 내부피폭의 대표적 핵종인 방사성 옥소의 오염여부를 갑상선 채취 계측을 통하여 알 수 있다.

내부오염원 방사성 핵종의 제거 및 치료

일단 방사성핵종의 내부피폭이 의심되는 경우 핵종의 종류, 섭취경로, 체내섭취량을 결정하여 내부피폭의 정도와 치료의 필요성 여부를 빨리 결정해야 한다. 인체로부터 방사성핵종의 제거는 얼마나 빨리 치료가 시작되었는가에 따라 그 방법과 효과가 달라진다. 즉 방사성 핵종을 삼킨 경우 위를 떠나거나 흡수되기 전에 제거하고 chelating

agent를 투여한다면 가장 효과적일 것이다.

1. 경구섭취로 인한 내부오염 핵종의 제거

구토를 유발시키거나 위장펌프를 이용하여 위로 부터의 오염핵종을 제거하고 제산제를 투여하여 불용성 화합물을 만들어 장관내 흡수를 억제한다. 그러나 흡수단계에서 chelating agent의 사용은 오히려 흡수를 촉진시킬 수 있으므로 피하는 것이 좋다. 위를 떠나 장관내에 있는 오염핵종은 장관세척을 하여 제거를 촉진함으로써 복부 각 장기의 방사선 피폭량을 줄일 수 있다.

2. 공기흡입에 의한 내부피폭의 제거

생리적 식염수로 입과 코 등을 씻어내고 거담제를 투여하여 기관지내 섬모운동을 촉진시켜 제거를 돕는다. 용해성이 높은 물질은 빨리 흡수되므로 전신적인 치료법이 빨리 이루어져야 한다.

3. 피부 혹은 상처를 통한 흡수핵종의 제거

방사성물질에 오염된 피부 혹은 상처는 세척을 하거나 피부에 스며든 오염물질의 외과적 제거술(debriment) 등이 요망된다. 방사성핵종이 옆질러지거나 공기중으로 누출된 경우 피부표면에 오염될 수 있으며 특히 베타선 방출 핵종의 경우 빨리 제거되지 않으면 노출된 피부 주위에 다량의 방사선 피폭을 줄 수 있다.

피부오염을 제거하는 방법으로는 먼저 유화제(mild detergent)로 가볍게 씻어내고 이때 피부를 탈피 시키지 않도록 한다. 상처가 없는 경우 탈피시키면 오히려 체내흡수를 촉진시킬 수 있다. 손, 발, 손톱 등을 가벼운 솔질로 오염물질을 제거하고 약한 샴푸를 써서모발을 완전히 세척한다. 어떤 경우든 깨끗한 물로 충분히 씻어내며 이때 씻겨진 물이 다른 신체부분에 묻지 않도록

한다.

4. 일단 체내 흡수된 오염핵종의 제거

오염물질이 일단 혈액 순환계로 흡수되면 더욱 제거하기 힘들며 이 경우 오염물질 제거 촉진제의 투여를 고려하게 된다. 일부 오염핵종의 배출을 촉진 시킬 수 있는 chelating agent로 Ca-DTPA(diethylene triamine pentaacetic acid)가 사용되고 최근에는 Zn-DTPA가 더 적은 부작용으로 동등한 효과를 얻을 수 있어 많이 사용된다. 이노제 및 다량의 수액제의 투여 맥주를 마시는 등의 다량의 수분섭취는 삼중수소(H-3)의 배출을 촉진시킬 수 있다. 오염된 방사성 핵종의 안정형핵종을 투여하면 대사 과정에 경쟁적으로 작용하여 결정장기에 오염핵종의 집적을 막아 빨리 체외로 배출시킬 수 있다. 예를들면 안정형의 옥소를 빨리 충분한 양을 투여한다면 방사성 옥소의 갑상선섭취를 차단시킬 수 있다.

5. 방사성 옥소로부터 갑상선 피폭의 차단

I-125 및 I-131을 섭취하는 기사 혹은 치료량의 방사성옥소를 투여하는 의사들의 경우 불의에 휘발성있는 방사성 옥소를 흡입할 수 있으므로 예방적으로 안정형 옥소를 투여할 수 있다. 한편 핵연료가 녹는 대형 원전사고의 경우 방사성옥소가 공기중으로부터 흡입되어 핵의학적인 진단 및 치료용으로 사용되는 I-131의 양보다 더 많은 양이 갑상선에 축적될 수 있으므로 안정형의 옥소를 예방적으로 투여하면 방사성옥소의 갑상선 섭취를 99% 차단 시킬 수 있다. 원자로 혹은 원자력발전소 작업종사자에게 방사성 옥소를 예방적으로 투여하는 경우, NCRP는 10-30 rad 정도의 피폭 가능성이 있을때 투여를 권고하고 있다. 옥소차단제로서는 potassium iodida (k1)가 부작용이 적고 130mg(iodine 100mg)를 하루한번 투

여하여 갑상선 섭취율을 1% 이하로 줄일 수 있어 널리 사용되고 있으며, 포화용액형태(SSKI, 1g k1/ml)와 정제(130mg k1/tab) 등이 있다. 한편 갑상선 자극 호르몬(TSH)를 매일 10단위씩 투여하면 갑상선 호르몬 분비를 촉진시켜 갑상선내 방사성 옥소의 양을 줄일 수 있으나 TSH의 부작용에 유의해야 한다.

표1. 내부오염에 의한 방사선 피폭시 제지 치료법과 예

1. 생리적 희석	- 3중 수소, 오염의 경우 수액제의 투여
2. 장내흡수 억제	- 알루미늄 함유 제산제의 투여
3. 장내통과 촉진	- 사하제의 투여
4. 오염국소 제거	- 오염원 상처 조직의 제거 (debriment)
5. 체외로 배출 촉진	-우라늄계열 핵종오염시 Ca 혹은 Zn-DTPA의 투여
6. 결정장기 섭취억제	- 방사성 옥소 오염시 k1 투여

방사선원으로서의 내부피폭환자의 취급

어떤 원인으로 내부피폭이 된 환자는, 주위사람들에게 방사선장해를 줄 수 있다. uci 범위에서는 별 문제되지 않으나, 의학적인 진단 및 치료용량인 mci 단위의 양은 조심을 하여야 한다.

특히 임신부의 경우, 임신초기에 태아의 방사선 피폭 및 수유를 통한 영유아의 방사선 피폭등은 상당한 방사선장해를 초래할 수 있다.

NCRP 보고서에 의하면 다음 네가지 상황을 가정하여 조치를 취하도록 하고 있다.

- (1) 입원중인 환자의 격리조치 및 퇴원기준
- (2) 방문객의 최대피폭 허용기준
- (3) 피폭환자의 사망시 부검 및 시신을 조치하는 경우(NCRP report 37)

내부피폭의 평가

1. 응급 조치

유럽국가들의 핵발전소 사고시 응급대책은 50 rad 이상의 방사선에 노출 우려가 있는 사람들을 모두 대피시키는 것을 원칙으로하나, 현실적으로 어려우므로 방사능의 이동속도 및 이동방향이 함께 고려되어야 한다.

핵연료가 녹는 대량의 방사능 누출사고라 하더라도, 실제 방사능이 누출되기까지는 몇시간 내지 며칠의 시간여유가 있으므로, 사전에 대책이 준비된 경우라면 위험지역내의 사람들을 2시간내에 3마일 밖으로 대피시키는 것으로 가능하다. 만약 방사능 누출이 빨라 미처 대피를 하지 못했을 경우, 창문을 닫고 집안에(되도록 지하실에) 머문후 방사능 구름이 지나간 후 대피하는 것이 좋다. 허나 이 경우 많은양의 감마선에 조사되었거나 방사능에 오염되었을 가능성이 있으므로 다른 지역으로 대피하자마자 오염을 제거해야 한다.

2. 의료 조치

피폭환자들을 치료하기위해 먼저 (1) 피폭이 의심되는 환자수 (2) 피폭의 정도 (3) 개인별 피폭량의 차이등을 평가해야 하며, 같은 지역에서 피폭되었다해도 오염정도가 다르므로 누가후에(수기간 - 수주)방사선장해 치료를 요할 것인가를 판단해야 한다.

방사능이 누출되기 전에 대피되었다면 피폭 및 오염의 우려는 없으며, 누출후 대피가 이뤄진 경우 오염의 제거가 가장 큰 문제이다. 우선 옷을 갈아입히는 것이 중요하며 피폭시 옷을 많이 입을수록 오염을 제거하기 쉽다. 다음 신체 각부분 특히 모발을 충분히 씻어내도록 한다. 환자의 피폭정도에 따라 입원 격리환자를 결정하고, 일단은 피폭 이전에 있었던 다른 중증질환의 치료

에 임한다.

사고 3~4주후 나타나는 방사선장해 증상을 조기에 진단하는 간단한 검사법으로 혈중백혈구(특히 임파구수) 및 이상 염색체빈도(Ydr 값)의 측정이 가장 도움이 된다.

표2. 전신 방사능 조사 2일 후 혈액 임파구수와 방사능 장해의 정도

150 이상(cubic mm당)	정상 혹은 경중
1000-1500	중등도 장해
500-1000	심한 장해
500이하	아주 심한 장해

표3. 전신 방사능 조사후 생물학적 선량측정법(염색체이상의 밀도 Ydr값)과 환자 예후와의 관계

Ydr값	추정 피폭량	생존확률	치료
0.3 이하	2 Gy 이하	가능	불필요 혹은 대증요법
0.3-3.9	2-10 Gy	50%	적극적 치료
3.9 이상	10 Gy 이상	불가능	치료 불가능

다량의 방사능피폭을 받은 환자의 경우 첫 2주간 입원치료가 필요하나, 500rad이상의 방사선량을 받는 경우는 실제 수시간 동안 사고현장에 노출상태로 대피를 하지않은 경우를 제외하고는 거의 없다. 200rad이상의 방사능 피폭의 경우 급성방사선증을 일으킬 수 있으므로 200~500rad의 피폭을 받는 경우 대증요법을 하면서 경과관찰을 해야하며, 500rad이상의 경우 골수부전증에 준해 치료를 한다. 즉 환자를 격리하고, 소독약으로 목욕을 시키고, 저해질 및 다량의 항생제를 투여하거나, 수혈, 골수이식등을 실시한다. 1,000rad이상의 피폭을 받은 경우 중추신경계 및 소화기관계 방사선증으로 사망하게 되므로 환자의 고통을 감소시켜주는 치료 방법 밖에 없다.

한편 핵발전소 사고시 긴반감기를 갖는 원자량 131~135의 방사성 핵종이 누출될 수 있으므로, 후에 발생하는 갑상선암과 갑

상선 가능저하증을 방지하기 위해 갑상선 섭취차단제의 투여가 바람직하다.

표4. 피폭선량과 의료조치

Medical care	Total dose in Gy(=100rad) Spread evenly for		
	1 week	1 month	4 month
No Medical care	1.5	2.0	3.0
some medical care	2.5	3.5	5.0
Care needed in lost case (>50% death)	4.5	6.0	

결 론

핵연료가 녹는 대형 방사능 피폭사고의

경우, 많은 재산과 인명피해를 줄 수 있고 이후 50년간 유전적 영향 및 암의 발생율을 높일 것이다. 이때 I-131은 반감기가 짧으나(8일) Cs-137은 반감기가 길어(30년) 장기간 암 발생율을 높이는 원인이 된다. 그러나 그러한 사고의 확율은 극히 적으며, 실제 일어날 수 있는 작은 사고들은 핵발전소 작업종사자나 인근주민들이 안전수칙에 잘 따른다면 100% 안전하다. 그러나, 만약의 경우의 대형사고에 대비하여 행정당국은 5~8km내에 거주민들을 수시간내에 피할 수 있는 계획을 갖추어야 하며, 사고직후 체계적인 응급조치 및 의학적인치료가 즉각적인 사망율을 낮추는데 중요함은 물론이다.

