

Medical Preparedness in Radiation Accidents

Eun-Sil Kim, Jong-Soon Kim

Radiation Health And Research Center, Hanil Hospital
Korean Electric Power Corporation

방사선 사고시의 의료대책

김은실 · 김종순

한국전력 부속 한일병원 방사선보건연구센터

Abstract - Radiation and radioactive materials serve man in many beneficial ways. Diagnostic X-ray, radiation therapy, and other nuclear medicine uses of radioactivity save thousands of lives each year. Industrial application of radiation, such as radiography, make many manufactured products more reliable and less expensive. Nuclear power plants are producing more electrical power each year and reducing our dependence on imported oil. However, radiation can and dose produce harmful effects particularly as the result of a radiation accident in which a victim receives as the result of a radiation accident in which a victim receives a large dose. Fortunately such accidents are very rare and recently we need more electric power produced by nuclear power plants.

Considering increase of use of radiation or radioactive materials, we have to establish the radiological emergency response system prepared for radiation accidents.

서 론

최근 세계 곳곳의 방사선 사고는 의료진으로 하여금 방사선 사고의 원인 및 유형은 물론 치료방법과 장기적 예후 등에 관한 연구와 체계적인 응급구조체계의 확립을 요구하고 있다. 의료대책을 요하는 다른 종류의 사고에 비하여 방사선 사고는 매우 드물지만 사고에 대한 적절한 대응과 환자에 대한 적시의 치료가 매우 중요하므로 사회 전반적인 차원의 대책수립과 함께 의료인의 관심이 요구된다.

지금까지는 방사선과학과 핵의학 등이 이러한 방사선 사고의 의료대책수립에 필요한 기초를 제공하거나 소형 방사선 안전 사고의 초기에 자문에 응하는 정도였다. 앞으로는 산업 또는 응급의학분야는 물론 방사선을 취급하는 기관과 의료시설 및 일차의료에서 까지도 방사선장해의 진단, 치료 또는 자문에 관한 이해가 필수적이라고 하겠다.

이에 방사선 사고의 효과적인 의료 대책과 치료를 위한 두가지 시스템으로 중앙 방사선 응급구조 센터와 지역 방사선 응급 치료실의 구성,

시설, 인원, 역할 및 상호 연계 등에 대한 연구와 함께 지속적인 훈련 및 교육이 필요할 것으로 생각된다.

방사선 사고(Radiation Accidents)란 ?

방사선 사고는 전리성 방사선에 의한 피폭이나 방사성동위원소에 의한 오염(혹은 의심되는 상황)을 말한다. 테네시주에 소재하고 있는 미국 방사선 응급구조센터/수련기관(REAC/TS (Radiation Emergency Assistance Center/Training Site) of Oak Ridge Associated Universities in Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.)에서는 피폭이나 오염의 정도가 전신, 골수, 생식기에 대해서는 250 mSv를 초과한 경우, 피부에 대해서는 6000 mSv를 초과한 경우, 기타 장기는 750 mSv를 초과한 경우, 내부 피폭에 대해서는 1/2 MPBB*를 초과한 경우를 방사선 사고에 있어 중대사고로 정의하고 있다.

방사선 사고의 유형(Types) ?

방사선 사고는 크게 외부 피폭(External exposure)과 오염(Contamination)으로 생각할 수 있으며, 전자는 전신 및 국소에 대한 방사선조사로, 후자는 내부오염, 외부오염 및 오염된 상처 등으로 세분할 수 있다. 사고와 관련지을 경우는 운송사고(Transportation accidents), 핵무기와 관련된 사고(Weapons-related accidents) 및 원자력 발전소 사고(Nuclear power plant accidents)로 나누어 볼 수 있다.

방사선 사고의 원인(Sources)

전세계적인 방사선 사고 경험은 미국 방사선 응급구조센터/수련기관(REAC/TS, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.)의 방사선 사고기록(Radiation accident registry)에 보존되어 있다.

핵 원자로, 동위원소 생산, 검사용 물질, 공업용 방사선 조사, X-ray 및 방

사선 치료, 비밀봉 방사핵종, 방사성물질의 운송 등을 사고원인으로 볼 수 있다.

방사선 사고의 내역

REAC/TS, Oak Ridge 대학 등록통계에서 제시한 자료에 의하면 1945년부터 1988년 5월사이엔 전세계적으로 사고건수는 296건, 인명피해는 1400명, 사망자수는 70명이 발생했음을 알 수 있다.

운반사고(WIPP related Accident)

핵폐기물의 처리, 운반 및 핵무기의 제조, 운송과 관련되어 발생하는 사고이다. 의료용, 산업용, 기타 저준위 폐기물, 핵발전소 폐기물 등 관련분야를 나누었을 때 이들은 각각 62%, 8%, 26%, 4%를 차지하고, 분야별 해당하는 방사능은 34%, 63%, 2%, 1%를 보이고 있다. 의료용이 운반사고의 과반수 이상을 차지하지만 방사능은 산업용이 훨씬 더 높음을 알 수 있다.

급성 방사선증 (Acute Radiation Syndrome, ARS)

급성 방사선증은 전신 혹은 국소에 100 rad 이상을 피폭받았을 때 발생한다. 주로 손상을 받는 장기는 조혈기관, 위장관, 심혈관계 및 중추신경계가 있고, 이들을 아울러서 4장기 증후군으로 부른다.

대체적으로 임상적인 경과는 1일에서 4일에 걸쳐 전구증상, 2주에서 3주까지 잠복기, 3주에서 6주까지 2차 발현기, 8주에서 15주사이에 회복 또는 사망을 보인다.

표 1. 전신 방사능 조사 2일후 혈액 임파구수와 방사능장해의 정도

임파구수	방사능 장해
1500 이상 (cub mm당)	정상 혹은 경증
1000~1500	중증도 장해
500~1000	심한 장해
500 이하	아주 심한 장해
100 이하	치명적 장해

* : NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements)에서 정한 기관별 최대허용 신체부하량 (Maximal Permissible Body Burden or Organ Burden)의 절반량.

일단 방사선 피폭이 발생하면 응급조치는 물론, 신속하고 정확한 피폭선량측정으로 치료법을 선택하고 예후를 추정하는 것이 중요하다. 물리적 선량측정의외에 혈액의 임파구수를 보아 방사능 장해정도를 평가하거나(표 1), 생물학적 선량측정법에 의해 피폭선량을 알아낼 수 있다(표 2). 또한 일정기간내의 피폭선량을 보아 의료조치를 취할 수 있다(표 3).

표 2. 전신 방사능 조사후 생물학적 선량 측정법 (염색체이상의 밀도 Ydr값)

Ydr값	추정 피폭량	생존확률	치 료
0.3 이하	2 Gy 이하	가능	정상 혹은 경증
0.3~3.9	2~10 Gy	50%	적극적 치료
3.9 이상	10 Gy 이상	불가능	치료 불가능

표 3. 피폭선량과 의료조치

의료 조치	전신선량 Gy(=100 rad)		
	1주	1개월	4개월
치료 필요 없음	1.5	2.0	3.0
적극 치료 필요	2.5	3.5	5.0
치료해도 과반수 사망	4.5	6.0	

전신 방사선 조사 2일후 혈액의 임파구수가 mm³당 1000개 이상일 때 또는 Ydr 값이 0.3 이하로 추정 피폭량이 2 Gy이하시는 별다른 치료가 없이도 회복이 가능하다. 방사선 조사 2일후 혈액의 임파구수가 mm³당 1000개 이하일 때 또는 Ydr 값이 0.3에서 3.9사이일 때는 추정 피폭량이 2에서 10 Gy사이이므로 수혈, 감염치료, 이식 등 적극적 치료가 필요하다. 임파구가 100개 이하시 또는 Ydr 값이 3.9이상으로 추정 피폭량이 10 Gy이상일 때는 치료가 불가능하여 사망에 이른다.

전신 피폭량에 따른 증상 및 검사소견을 보면 피폭선량이 5에서 25 rad사이 일때는 증상이 없이 염색체검사에서만 이상염색체가 보인다. 75 rad 이상일 때부터 식욕부진, 오심, 구토, 피로 등 전구증상이 나타나고, 혈액검사에서 백혈구와 혈소판의 약간의 감소가 보인다. 염색체검사 소견은 더 저선량 보다는 심한 정도로 이상을 보인다. 125에서 200 rad사이 일때는 증상 및 혈액학적 변

화가 뚜렷하여 50%에서 48시간내에 림프구 감소를 보인다. 240에서 340 rad사이 일때는 대부분이 심한 병증을 보이고, 치료하지 않으면 50 %정도가 사망한다. 75%이상에서 48시간내에 림프구의 감소를 보인다. 500 rad이상 일때는 위장관증상이 나타나고, 5000 rad 이상일 때는 심혈관계 및 중추신경계증상이 나타나며 혈액검사와 염색체검사에서 심한 정도로 이상소견을 보인다(표 4).

표 4. 전신 피폭량에 따른 증상 및 검사소견

전신 피폭량 (rad)	증 상	혈액검사	염색체검사
5~25	-	-	+
50~75	-	±	++
75~200	전구증상	+	+++
250~500	골수증상	++	++++
500 이상	위장관증상	+++	+++++
5000 이상	심혈관계 및 중추신경계증상	++++	++++++

전신 방사선 피폭시 치료는 기도 및 순환기능 유지에 특히 중점을 두어야 한다. 혈압, 혈액가스, 전해질, 혈구, 소변검사를 하고 염색체검사, HLA 적합성 검사를 위한 혈액채취 등을 가능한 빠른시간내에 실시하여야 한다.

초기에 전구증상을 포함한 여러가지 증상이 보이면 약물(진정제, 해열제, 마약, 제산제 및 위벽 보호제)을 사용한다. 오심, 구토에 디펜히드라민(diphenhydramine), 넴부탈(nembutal), 로라자팜(lorazepam), 또는 페페나진(perphenazine)등을 쓰고, 열이 나면 아세트아미노펜(acetaminophen), 복통 및 복부경련을 호소할때는 모르핀 제제(morphine sulfate), 또한 위장관 출혈이 발생시는 시메티콘(simethicon), 또는 수크랄페이트(sucralfate)를 투여한다.

혈액학적 이상이나 폐혈증의 징후가 보일 때는 다음과 같이 치료한다. 말초혈액내의 적혈구, 혈소판, 과립구의 감소시에 성분수혈이 요구된다. 단, 빈혈은 치료를 요하는 중요 소견이 아니다. 수혈시는 수혈전에 적혈구 및 HLA 적합성을 검사한후 실시한다. 혈소판은 mm³ 2만개 이하시는

심한 출혈이 유발되므로 그 이상을 유지하도록 주의한다. 과립구 수혈은 mm^3 500개 이하시에, 특히, 그람 음성 세균에 의한 감염이 확인될 때까지는 사용을 자제한다. 수혈전 혈액제제는 면역성에 의한 부작용을 줄이기 위해 5000 rad의 방사선을 조사시킨후 사용한다. 또한 모든 공여혈액은 사이토메갈로 바이러스(cytomegalovirus)에 대한 항체검사를 실시한다.

또한, 폐혈증에 대한 예방이 중요하다. 위장관은 항생제(gentamycin, vancomycin, nystatin)를 사용하여 장을 관장하도록 하고, 점막(구강, 여성생식기)은 니스타틴이나 베타딘 용액(nystatin or betadine solution)으로 감염을 예방하도록 한다. 기회 감염을 예방하기 위해 환자의 병실 및 음식 등을 멸균시켜 사용하도록 하고, 아사이클로버(acyclovir)나 트리메소프림-설파메톡사졸(trimethoprim-sulfamethoxazole) 등의 항생제를 사용한다.

심하게 피폭을 받은 사람에 대해서는 골수이식을 고려해야 한다. 그러나 체르노빌 방사선 피폭사고시의 피해자에 실시한 골수이식중에 단 두명만이 생존했던 예를 보았을 때 골수이식은 매우 어렵다. 골수이식을 하려면 수여자 및 공여자간의 조직적합성이 완벽해야 하고, 환자 자신의 골수는 완전소멸시켜야 한다. 실질적으로 사고시 환자의 방사선 피폭부위는 불균일 하기 때문에 장골극이나 흉골 등에서 골수를 채취하여 살아 남아있는 골수를 정확히 평가하기는 어려우며 10%의 골수만이 남아있더라도 자체적인 골수재생이 가능하다. 골수이식후는 에리스로포이에틴(recombinant erythropoietin)과 같은 약물로써 골수재생을 촉진하는 것이 유용하다고 알려져 있다.

국소 방사선장해의 평가와 치료

국소 방사선장해는 주 방사선원이 산업용 밀봉선원 (Iridium-192, cobalt-60)으로서 손, 대퇴부, 둔부 등 국소부위에 집중되어 방사선피폭을 받았을 때 발생한다. 국소 방사선장해를 평가하기 위한 고려사항은 다음과 같다.

- 가. 병력청취 및 이학적 검사
- 나. 지속적인 말초 혈액검사

다. 혈액 임파구에서 염색체 분석

라. 정자수 측정(45일전, 60일후)

마. 사고의 재연

바. 빈번한 칼라 사진촬영

사. 슬릿 램프 눈검사

아. 골스캔

자. 중성자 피폭평가를 위한 혈액, 모발, 금속 등의 채취

차. 발광검사를 위한 시계 및 루비

치료시는 피폭받은 부위의 선량에 따라 증상이 다르므로 그에 따른 의료대책을 취해야 한다. 600에서 800 rad사이일 %는 1도 화상과 같은 홍반이 나타나며 치료는 필요없다. 1500에서 2000 rad사이는 2도 화상에 해당하는 탈피가 보인다. 이때는 로손을 바르도록 한다. 2000 rad이상 피폭을 받으면 궤양이 생기므로 피부이식을 하도록 한다. 3000 rad이상 피폭을 받으면 3도 화상을 입어 피폭부위는 괴사에 빠지므로 절단해야 한다.

내부피폭의 평가 및 내부 오염된 방사성 핵종의 제거와 치료

방사성 핵종의 오염으로 인한 내부피폭은 방사성 핵종의 (1) 연무(aerosol) 혹은 가스 형태로 흡입, (2) 경구섭취, (3) 상처나 피부를 통한 흡수 등의 경로를 통해 우발적으로 일어난다. 이런 방사성 핵종에 의한 체내오염은 오염후에도 오랫동안 체내에 남아 내부피폭을 일으키게 되며 특정장기나 조직에 선택성이 있어 외부피폭에 비해 보다 복잡하고 심각한 방사선 장해를 유발하는 일이 흔하다. 방사선 내부피폭에 대한 대책은 일단 체내에 축적된 핵종을 제거하는 것은 힘드므로 내부피폭을 예방하는 일이 중요하며 이를 위해서는 체내로 들어오는 모든 경로를 차단하는 데에 집중하면 된다. 이미 내부피폭이 된 경우는 우선 방사선 피폭량을 결정하여 그것이 허용량을 넘었는가를 평가해야만 한다(ICRP pub 2, 6, 30). 용해성 우라늄계열의 방사성 핵종이 주사나 상처를 통해서 흡수 되면 2시간내에 골조직에 완전히 침투하므로 각종 방사성 핵종에 대한 물리화학적, 생물학적 특성을 사전에 충분히 숙지하여

조기전달과 치료가 이루어져야 한다.

1. 내부피폭의 평가

방사성 동위원소가 내부오염시 발견과 피폭량을 판단하는 방법은 다음과 같이 나누고 그 차이점을 들 수 있다. (1) 공기채취, 표면오염도, 피부오염의 계수율계(ratometer) 측정 등의 방법으로 환경오염의 정도를 구한 뒤 작업시간을 곱하여 체내피폭량을 추정할 수 있으나 부정확하다는 단점이 있다. (2) 체액 혹은 조직(노, 대변, 모발, 혈액, 코분비물)을 채취하여 방사능을 측정 한 후 이로부터 체내피폭량을 계산하는 방법으로 생체검사(Bioassay)가 있으나 이는 동위원소의 체내대사를 알아야 정확히 측정할 수 있다. NRC는 I-125와 I-131을 취급하는 작업자(10mCi 이상의 I-131을 환자에게 투여하는 의사 포함)와 다량의 H-3, C-14, P-32 등을 취급하는 사람들에게 뇨분석 검사와 같은 bioassay를 요구하고 있다. 한편 분해작업시 발생하는 큰 방사능 입자를 흡입하는 경우 코의 앞부분과 인후부에 주로 걸리고, 화재시 발생하는 작은 방사능 입자를 흡입한 경우는 기관지 혹은 폐심부 기포에 침착되는데 전자의 경우는 비공(nostril)에서 분비물을 채취하면(nasal swab) 내부피폭의 경로를 추정하는 데 도움을 줄 수 있다. (3) 전신계측(whole body counting)은 내부축적된 방사성 물질에서 방출되는 감마, 베타, X-선 등의 방사선을 직접 측정하는 방법으로 빠르고 정확하고 편하게 측정할 수 있으며 예민하다는 장점이 있는 반면에, 내부피폭과 외부피폭을 구별할 수 없고 임상적 이용에는 힘든 점이 있다. (4) 핵의학 진료에 이용되는 갑상선 섭취 계측기와 감마카메라는 방사성 내부피폭시 갑상선을 방출하는 방사성 핵종(radioiodine, radiocesium, cobalt)에 노출된 경우 갑상선, 폐, 위 등의 피폭 위치를 파악할 수 있다. 즉 감마카메라를 이용하여 crude photopeak analysis를 하거나 스캔을 통해서 체내 방사성 핵종의 국소집적과 분포를 알 수 있다. 방사성 내부피폭의 대표적 핵종인 방사성 핵종인 방사성 옥소의 오염여부를 갑상선 섭취계측을 통하여 알 수 있다. (5) 염색체 분석법은 혈액의 임파구를 배양(48시간)하여 이상염색체를

관찰하는 방법으로 자동분석기를 이용하면 빠른 시간내에 많은 양을 소화할 수 있다.

2. 내부오염원 방사성 핵종의 제거와 치료

일단 방사성 핵종의 내부피폭이 의심되는 경우는 핵종의 종류, 섭취경로, 체내 섭취량을 결정하여 내부피폭의 정도와 치료의 필요성 여부를 빨리 결정해야 한다. 인체로부터 방사성 핵종의 제거는 얼마나 빨리 치료가 시작되었는가에 따라 그 방법과 효과가 달라진다. 즉 방사성 핵종을 삼킨 경우 위를 떠나거나 흡수되기 전에 제거하고 착화제(chelating agent)를 투여한다면 가장 효과적일 것이다. 그러므로 내부 오염된 방사성 핵종의 제거와 치료는 체내흡수 및 침착을 억제하고, 희석시키며 피폭을 차단하고 방사성 핵종의 제거 및 배출 촉진을 원칙으로 한다.

1) 피부나 상처를 통한 흡수핵종의 제거

약한 제염법으로 시작하여 강한 제염법순으로 진행하고 제염하는 위치는 우선순위에 따라 진행하며 제염범위를 결정하여 실시하는 것을 원칙으로 한다. 방사성 물질에 오염된 피부 혹은 상처는 세척을 하거나 피부에 스며든 오염물질의 외과적 제거술(debriment) 등이 요망된다. 특히 베타선 방출 핵종의 경우 빨리 제거하지 않으면 노출된 피부주위에 다량의 방사성 피폭을 준다. 피부오염을 제거하는 방법으로는 먼저 유화제(mild detergent)로 가볍게 씻어내고 이때 피부를 탈피시키지 않도록 한다. 상처가 없는 경우 탈피시키면 오히려 체내흡수를 촉진시킬 수 있다. 손, 발, 손톱 등을 가벼운 솔질로 오염물질을 제거하고 약한 샴푸를 써서 모발을 완전히 세척한다. 어떤 경우든 깨끗한 물로 충분히 씻어내며 이때 씻겨진 물이 다른 신체부문에 묻지 않도록 한다. 오염도를 측정할 때는 계측기(γ , β)를 피부와 1 인치(inch) 떨어진 곳에 두고 느린 속도(1 inch/sec)로 전신을 계측한다. 제염을 실시한 후에는 피부 오염 잔류량을 평가하여 제염을 중지하도록 한다. 베타 오염(β contamination)은 $10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ (=1 mR/h) 미만일 때, 알파 오염(α contamination)의 경우는 $10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ (=100 dpm/60 cm^2) 미만일

때, 핵분열 산물 (fission product)은 1,000 cpm 미만일때 제염을 중지해도 된다.

2) 공기흡입에 의한 내부피폭의 제거

비공에서 분비물을 채취(nasal swab)하여 오염도를 평가한다. 입과 코는 생리적 식염수로 씻어내고, 거담제를 투여하여 기관지내 섬모운동을 촉진시켜 제거를 돕는다.

3) 경구섭취로 인한 내부 오염 핵종의 제거

구토를 유발시키거나 위장펌프를 이용하여 위에서 오염핵종을 제거하고 제산제를 투여하여 불용성 화합물을 만들어서 장관내 흡수를 억제한다. 그러나 흡수단계에서 착화제를 사용하면 오히려 흡수를 촉진시킬 수 있으므로 피하는 것이 좋다. 위를 떠나 장관내에 있는 오염핵종은 장관 세척을 하여 제거를 촉진함으로써 복부 각 장기의 방사선 피폭량을 줄일 수 있다. 각각의 오염핵종에 대해서 제거 방법을 보면 프루시안 블루(prussian blue)를 먹여 세슘(cesium), 탈륨(thallium), 루비디움(rubidium) 등의 대변 배출을 증가시키고 암포겔(Amphogel)을 먹여 스트론튬(strontium)의 흡수를 감소시키며 바륨(Barium sulfate)의 경구투여로 스트론튬(strontium) 및 라듐(radium)의 흡수를 감소 시키도록 한다.

4) 체내물질의 이동 촉진

항갑상선제를 쓰면 갑상선내 방사성옥소(RA)I의 배출을 25%정도 증가시킬 수 있다. 염화암모늄(NH₄Cl) 과 칼슘제제(Ca gluconate)를 같이 쓰면 스트론튬의 배출을 증가시킬 수 있다. 이노제는 여러가지 방사성 핵종(sodium, chlorine, potassium, hydrogen)의 배출 증가에 도움을 준다. 또한 부갑상선 호르몬(parathormone)으로 인(phosphorus)의 소변배출을 증가시킬 수 있다.

5) 일단 체내흡수된 오염 핵종의 제거

오염물질이 일단 혈액순환계로 흡수되면 더욱 제거하기 힘들며 이 경우 오염물질 제거 촉진제의 투여를 고려하게 된다. 일부 오염 핵종의 배출을 촉진시킬수 있는 착화제(chelating agent)로 사구

체에서 여과되는 [Ca-DTPA(calcium-diethylenetriamine pentacetic acid)]가 사용되고 있으며 용해성 플루토늄(soluble plutonium)의 30~40%를 즉시 제거할 수 있다. 즉 중금속(transuranic metals : plutonium, californium, americium, and curium// rare earth metals : cerium, yttrium, lanthanum, promethium, and scandium// some transitional metals: zirconium, niobium)의 제거에 유용하다. 최근에는 Zn-DTPA가 더 적은 부작용으로 동등한 효과를 얻을 수 있어 많이 사용된다. 이뇨제와 다량의 수액제의 투여, 맥주를 마시는 등의 다량의 수분섭취는 3중수소의 배출을 촉진시킬 수 있다. 오염된 핵종의 안정형 핵종을 투여하면 대사과정에서 경쟁적으로 작용하여 결정장기에 오염핵종의 집적을 막아 빨리 체외로 배출시킬 수 있다. 예를 들면 안정형의 옥소를 빨리 충분한 양을 투여한다면 방사성 옥소의 갑상선 섭취를 차단시킬 수 있다. 스트론튬 제제(strontium gluconate: 주사, lactate: 경구투여)와 인 제제(phosphate)는 스트론튬과 인(P-32)의 회석과 스트론튬의 흡수를 억제시키기 위해 투여한다.

6) 방사성 옥소로부터 갑상선 피폭의 차단

I-125와 I-131을 취급하는 기사 혹은 치료량의 방사성 옥소를 투여하는 의사들의 경우 불의에 휘발성이 있는 방사성 옥소를 흡입할 수 있으므로 예방적으로 안정형 옥소를 투여할 수 있다. 한편 핵연료가 녹는 대형 원전사고의 경우 방사성 옥소가 공기중에서 흡입되어 핵의학적 진단과 치료용으로 사용되는 I-131의 양보다 더 많은 양이 갑상선에 축적될 수 있으므로 안정형의 옥소를 예방적으로 투여하면 방사성 옥소의 갑상선 섭취를 99% 차단시킬 수 있다. 원자로 혹은 원자력 발전소 작업종사자에게 방사성 옥소를 예방적으로 투여하는 경우 NCRP는 10~20 rad정도의 피폭 가능성이 있을때 투여를 권고하고 있다. 옥소화 차단제로 KI(Potassium iodide)는 부작용이 적고 130 mg(iodine 100mg)를 하루 한번 투여하여 갑상선 섭취율을 1%이하로 줄일 수 있어 널리 사용되고 있으며 포화용액 형태(SSKI, 1g KI/ml)와 정제(130 mg KI/ tab) 등이 있다.

표 5. 내부 오염에 의한 방사선 피폭시 치료법의 예

1. 생리적 회석 - 3중수소가 오염된 경우, 수액제제 투여
2. 장내흡수 억제 - 알루미늄 함유 제산제의 투여
3. 장내통과 촉진 - 사하제의 투여
4. 오염국소 제거 - 오염원 상처조직의 제거
5. 체외로 배출 촉진 - 우라늄 계열 핵종오염시 Ca 혹은 Zn-DTPA의 투여
6. 결정장기 섭취억제 - 방사성 요소 오염시 KI투여

원전관련 방사선사고 의료대책상의 특징

1. 주손상

대형 방사선사고시는 외상, 화상, 전격상, 열사병, 심근경색증 등이 유발될 수 있고 연료교체나 보수작업때 방사선조사나 오염 등이 유발된다.

2. 응급조치

유럽국가들은 핵발전소 사고시 응급대책은 50 rad 이상의 방사선에 노출우려가 있는 사람들을 모두 대피시키는 것을 원칙으로 하나 현실적으로 어려우므로 방사능의 이동속도 및 이동방향이 함께 고려되어야 한다. 핵연료가 녹는 대량의 방사능 누출사고라 하더라도, 실제방사능이 누출되기까지는 몇시간 내지 몇일의 시간여유가 있으므로 사전에 대책이 준비된 경우라면 위험지역 내의 사람들을 24시간내에 3마일 밖으로 대피시키는 것이 가능하다. 만약 방사능 누출이 빨라 미처 대피를 하지 못했을 경우, 창문을 닫고 집안에 (되도록 지하실에) 머문후 방사능 구름이 지나간후 대피하는 것이 좋다. 그러나 이 경우 많은 양의 감마선이 조사되었거나 방사능에 오염되었을 가능성이 있으므로 다른 지역으로 대피하자마자오염을 제거해야 한다.

3. 의료대책

피폭환자들을 치료하기 위해 먼저 (1) 피폭이 의심되는 환자수 (2) 피폭의 정도 (3) 개인별 피폭량의 차이 등을 평가해야 하며 같은 지역에서

피폭되었다 해도 오염정도가 다르므로 누가 후에 (수시간 ~ 수주) 방사선 장해치료를 요할 것인가를 판단해야 한다. 방사능이 누출되기 전에 대피되었다면 피폭 과 오염의 우려는 없으며, 누출 후 대피가 이루어질 경우 오염의 제거가 가장 큰 문제이다. 우선 옷을 갈아 입히는 것이 중요하며 피폭시 옷을 많이 입을수록 오염을 제거하기 쉽다. 다음 신체 각 부분 특히 모발을 충분히 씻어 내도록 한다. 환자의 피폭정도에 따라 입원 격리 환자를 결정하고, 일단은 피폭 이전에 있었던 다른 중증질환의 치료에 임한다. 피폭평가와 제염은 1차지원병원이나 학교 등 공공시설에서 담당하고 급성방사선증의 치료는 주치료센터나 다수의 종합병원에서 나누어 치료한다. 오염물질의 특성에 따라 제염 및 치료방법을 달리해야 한다. 제논(Xe), 크립톤(Kr) 등의 주로 공기오염을 일으키는 물질과 삼중수소(H-3)와 같은 수중오염을 일으키는 물질은 상대적으로 반감기가 짧으므로 회석시켜 제거한다. 방사성요소(RA)는 갑상선에, 세슘(Cs-137)은 근육에, 스트론튬(Sr-90)은 뼈에 주로 침착되어 주손상을 일으키므로 치료시는 각 기관별로 침착을 막고 배설을 촉진하도록 한다.

4. 방사선사고시 바람직한 응급실의 구조 및 설비

응급실의 구조는 영구설비 및 임시설비로 나누고 임시설비에 부검실과 일반 응급실을 설치한다. 후송된 환자는 앰블런스에서 나와 입구에 들어서면 제염실과 치료실을 거쳐 완충구역, 청정구역 순서로 지나도록 한다. 준비할 비품이나 기구들은 방호복, 구두, 모자, 장갑, 마스크, 방사능 측량계(surveymeter), 개인 선량계 등 이외에도 생체검사 키트(bioassay kit), 로프(rope), 표지물, 제염약품, 기구, 납벽돌, 에이프런(apron), 납안경, 납 콘테이너, 납 쓰레기통, 제염 테이블 등을 갖추어야 한다.

※ 제염실 장비

NCRP, 1980.

“Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides.”

NCRP Report No. 65

(National Council on Radiation Protection and Managements., Washington)

1. Coveralls or surgical scrub suits.
2. Plastic apron.
3. Surgical caps.
4. Plastic or surgical gloves.
5. Sterile surgical gloves.
6. Sterile suture sets with additional sterile scissors (2), forceps (4), and hemostasis (6).
7. Sterile irrigation sets.
8. Sterile applicators and miscellaneous dressings.
9. Clean long patient gowns or coveralls, socks.
10. Plastic shoe covers.
11. Large towels.
12. Bandage scissors (2).
13. Large plastic or cloth bags for the collection of contaminated clothing.
14. Radiation tags.
15. Radiation area signs, "Do Not Enter".
16. Personal dosimeters (ionization chamber, self-reading type; 200 mR and 20 R levels) and dosimetry badges (TLD type).
17. Masking tape, 2 inches wide.
18. Labeled containers for collecting urine and fecal specimens.
19. Blankets.
20. Adhesive labels and tags for labeling tissue or contaminated materials.
21. Specimens bottles (with formalin if freezing facilities are not available).
22. Felt pens (black and red).
23. Notebooks, papers, pencils.
24. Potable beta-gamma survey meters (Include low-range {up to 25 mR/hr} and high-range instruments {up to 500 R/hr}).
25. Potable alpha scintillation detector (possibly)
26. One large roll 36-inch white absorbant (bottle-type) paper or wrapping paper as used in stores (Tear-off dispensers are available for convenient storage and use of these rolls).

27. Plastic sheets.
28. Specific decontamination supplies: detergents primarily, and household bleach (5 percent sodium hypochlorite). These items, along with simple instructions on their use, should be in a specific labeled box.
29. Fiberboard barrels or large waste baskets for disposal of contaminated clothing as well as other contaminated items.

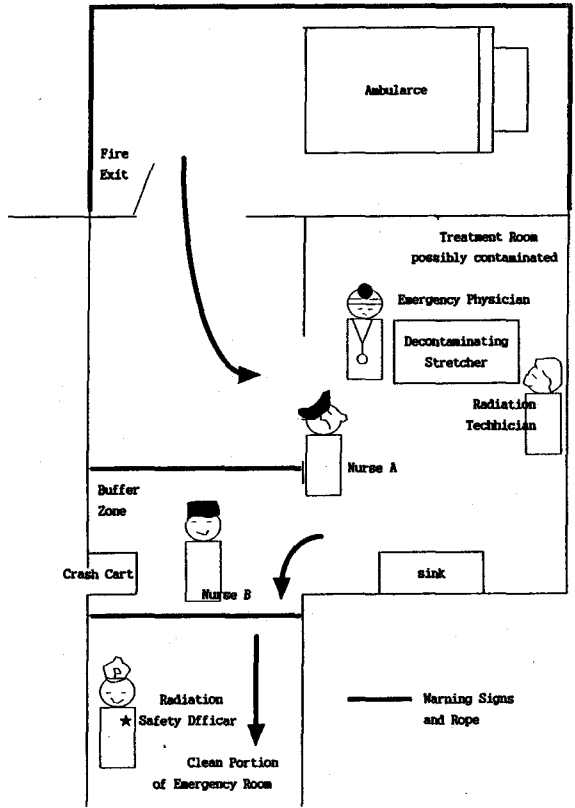


그림 1. 방사선 사고시의 응급 치료실 구조(미국)

※ 방사선사고 응급의료팀의 구성과 임무 (미국의 예)

1. 핵의학 및 방사선과 전문의 - 제염실 및 완충지역에서 제염 및 오염관리를 지휘한다.
2. 구급의학 전문의 - 제염실과 치료실을 오가면서 제염과 응급치료를 담당한다.

3. 보건물리 전문가 - 완충지역 및 청정구역에 위치하여 안전관리 및 방사선계측자문에 응한다.
4. 의료가사 - 제염실에서 방사선 계측 및 안전관리를 담당한다.
5. 간호사 A - 제염실에서 제염 및 응급치료에 임한다.
6. 간호사 B - 완충지역에서 순환지원한다.
7. 관리반 - 제염실 및 완충지역에서 장비운반과 오염방지설비를 담당한다.
8. 보안관 - 청정구역에서 방사선 구역을 통제한다.
9. 행정반 - 청정구역에서 보도관제에 임한다.

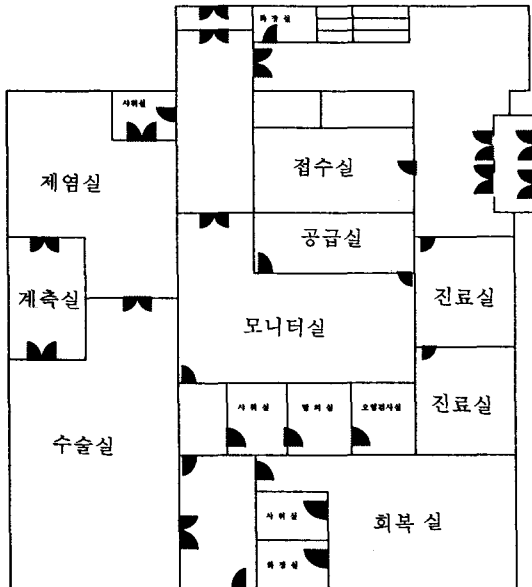


그림 2. 한일병원 방사선 보건연구 센터 응급 치료실

※ 방사선 응급구조 센터 (REAC/TS)
(Radiation Emergency Assistance Center/
Training Site)

항시 지원체계(On Call 24 Hours)

미국 테네시주 소재

방사선 응급구조팀은 의사, 간호사, 보건 물리학자, 조정자 및 필요한 전문 인력으로 구성되어 구조에 충분한 장비 및 설비를 갖추고 방사선

응급구조센터 또는 방사선사고 현장에서 상담 또는 직접적인 의학적 및 방사선학적 구원을 시행하는 일차적인 책임(first-line responders)을 갖고 다음을 시행한다.

1. 의학적 및 방사선학적 구조(triage)
2. 외부 및 내부 피폭된 방사능의 오염측정, 제거 과정 및 흡착을 포함한 치료
3. 방사선 장애의 진단 및 예후 판정
4. 세포유전학적 검사(cytogenetic analysis), 생체 측정법(bioassay)과 생체 내 계측(in-vivo counting)

방사선 사고로 인한 상해 및 오염 등의 피폭 환자를 평가 및 처치하기 위하여 상시 체제인 중앙 방사선 응급구조 센터의 지시하에 사고 부근에 유관기관 합동으로 비상응급경보체계를 발령하고 병원이나 공공 시설에 지역 방사선응급 치료실을 설치하여 방사선 응급 구조팀을 조직 운영하며 구성과 역할을 분담한 후 일련의 교육 훈련을 시행한다.

방사선 응급 구조팀

간호사 A - 일차적으로 의과외사를 도와 업무를 수행한다.

간호사 B - 오염제거실(Decontamination site) 내의 업무를 수행한다.

간호사 C - 오염제거실의 출입구에서 업무를 수행한다.

외과의사(Surgeon)핵의학 기사 A(Nuclear Medicine Technologist A)방사선안전관리요원(Radiation Safety Officer)간호감독자(간호사 D)(Nursing Supervisor)청소 요원(Housekeeping Personnel)안전 요원(Security Personnel)

간호사 A

- 위치 : 오염제거실
- 방사선 방호 : 방호복, 반지, 열발광 선량계 (Thermoluminescent dosimeter), 플라스틱 에이 프런
- 책임 :
 1. 환자에 대한 직접적 간호를 수행한다.
 2. 의사를 보조한다.

◦ 의무 :

- 1. 의사를 도와 환자의 상태를 안정시키고 활력징후를 체크하고 채혈을 시행한다.
- 2. 환자에게 방사선 피폭에 대한 치료과정을 자세히 설명하여 지속적인 안정을 유지시킨다.
- 3. 신발과 양말을 포함한 외부 의복을 벗게 한다.
- 4. 오염이 의심되는 피부나 구멍 등의 모든 부분에 대한 검체를 채취하여 수거용기에 넣은 후 표지를 부착한다.
- 5. 오염제거 과정을 시행한다.
- 6. 방사선 장해 치료를 의사를 도와 수행한다.
- 7. 깨끗한 들것으로 환자를 옮긴다.

간호사 B

◦ 위치 : 오염 제거실

◦ 방사선 방호 : 방호복, 반지, 열발광 선량계 (Thermoluminescent dosimeter), 플라스틱 에이프런

◦ 책임 :

- 1. 완충지역의 간호사와 상호 연락한다.
- 2. 간호사 A를 돕는다.

◦ 의무 :

- 1. 간호사 업무를 지원하며 필요시 간호사 A와 외과의사를 지원한다.
- 2. 채혈을 도와 주고 검체를 간호사 C에게 전달한다.

간호사 C (혹은 응급실 기사)

◦ 위치 : 오염제거실로 통하는 복도

◦ 방사선 방호 : 플라스틱장갑과 열발광 선량계

◦ 책임 :

- 1. 필요시 방사선응급구역(Radiation Emergency Area) 요원을 보조한다.

◦ 의무 :

- 1. 외과의사 또는 간호사 A와 B의 특별 지시를 수행한다.
- 2. 오염제거실에 기구나 기계를 관리 공급한다.
- 3. 검체수거함을 받아 모니터링을 위하여 선반에 정리한다.
- 4. 검체를 채취한 부위와 수거함 번호를 기록

한다.

- 5. 생활징후와 다른 의무 기록을 적절히 기록한다.

외과의사

◦ 위치 : 오염제거실

◦ 방사선 방호 : 방호복, 반지 열발광 선량계(Thermoluminescent dosimeter), 플라스틱 앞치마

◦ 책임 :

- 1. 환자의 외상을 포함한 치료를 시행한다.
- 2. 다른 전문의료인의 오염제거를 시행한다.

◦ 의무 :

- 1. 응급소생술과 함께 환자의 상태를 판정한다.
- 2. 환자를 안심시킨다.
- 3. 방사선 장해의 정도에 따라 치료의 우선 순위를 결정한다.
- 4. 환자의 의복을 벗기도록 지시한다.
- 5. 방사능에 대한 예비 또는 최종 검체를 채취한다.
- 6. 예비 또는 최종 오염제거를 지시한다. 특수 장해들을 판정하고 치료한다. 깨끗한 들것에 환자를 옮기고 오염제거 완료 후 담당 스텝에게 인계한다.

핵의학 또는 방사선기사(A)

◦ 위치 : 오염제거실

◦ 방사선 방호 : 방호복, 반지, 열발광 선량계 (Thermoluminiscent dosimeter), 플라스틱 앞치마

◦ 책임 :

- 1. 치료와 오염제거 동안에 환자의 오염정도를 결정한다.
- 2. 방사선 안전관리요원이 없을시 치료팀을 과도한 피폭으로부터 방어할 책임을 갖는다.

◦ 의무 :

- 1. 측정기(알파 측정기 제외)를 정확히 환자가 도착하기 전에 Saran Wrap으로 씌워 작동을 확인 점검한다.
- 2. 오염제거실로 계측할 환자가 처음 들어오면
 - 1) 전체 신체 계측을 전면 및 후면에서 시행
 - 2) 모든 판독을 mR/h로 보고한다. (단, 기구

만일 경우는 cpm으로 기록하고 mRem equivalent로 계산한다)

3. 오염제거의 각 단계마다 계속해서 측정하고 치료 요원이 들을 수 있도록 측정결과를 불러준다. 판독 결과가 기록되는지를 확인한다.
4. 환자가 이동할 준비가 되면 최종 계측을 시행한다.
5. 환자가 떠나고 나면 오염제거에 관련된 인원, 장비, 지역의 모니터링을 시행한다.

방사선 안전관리 요원

- 위치 : 완충지역(방사선기사 A가 없을 때는 오염제거실로 갈 수 있다)
- 방사선 방호 : 열발광선량계와 방호복
- 책임 :
 1. 전반적인 오염제거 작업을 시행한다.
 2. 방사선량을 측정하고 판독한다.
 3. 치료요원을 안전시킨다.
- 의무 :
 1. 희생자와 함께 온 구조자로 부터 사고 보고서를 접수한다.
 2. 특수 방사선 방어를 결정한다 (납차폐, 추가 방호복장)
 3. 방사선계측 데이터를 기록한다. 치료 요원에 대한 잠재적 피폭량을 계산해서 필요한 경우 순환시키며 육안 식별이 쉬운 진행 경과 차트를 유지한다.
 4. 안전에 대하여 치료요원을 안심시킨다.
 5. 용기처리과정을 감시한다.
 6. 피폭이나 희생자, 인력과 구급차 등의 오염과 관련된 문제에 관하여 조인한다.
 7. 핵의학이나 방사선 기사의 수행업무를 감독한다.
 8. 인력의 세정 후 환자, 치료요원과 지역의 최종 해제를 책임진다.
 9. 자세한 사고 내용의 최종 심문서를 작성한다.
 10. 일반에 공개할 보고서를 작성한다.

책임간호사/ 간호감독자(간호사 D)

- 위치 : 방사선 응급 구역
- 방사선 방호 : 무
- 책임 :

1. 논리적이고 체계적인 지원을 위한 조직과 수행을 담당한다.
 2. 즉각적인 지원기능을 조정한다.
 3. 병원과의 연계업무를 조정한다.
- 의무 :
 1. 적절한 의료 인력을 유동화(mobilization)한다.
 2. 기구를 포함한 공급의 체계적 준비, 방사선 응급구역 설정, 적절한 방호복과 요원 및 선량계를 관리한다.
 3. 전반적인 간호와 행정업무를 조정한다.
 4. 필요한 추가 기재를 공급 및 설치(예. 들것, 부목등)한다.
 5. 필요시 특수 장비 설치를 돕는다.
 6. 검체 용기의 기록 및 정확한 표지를 확인한다.
 7. 응급실로의 전체적인 환자의 입원동안 지속적인 안전을 확인한다.
 8. 모든 공급 부품과 기기의 목록표를 작성하고 재처리한다.

청소요원

- 위치 : 필요로 하는 곳
- 방사선 방호 : 무
- 책임 :
 1. 감독자의 지시에 따라 오염된 희생자를 위하여 오염제거실과 완충 지역을 준비한다.
 2. 방사선안전관리요원의 지시에 따라 오염제거실과 완충지역을 청소한다.
- 의무 :
 1. 오염제거실로 부터 불필요한 가구를 제거한다.
 2. 방사선응급구역으로 응급 장비를 공급한다.
 3. 방사선응급구역 바닥을 덮고 모서리를 테이프 붙이고 계단에 깔개를 설치한다.
 4. 플라스틱 30 겔론 용기에 오염제거수를 준비한다.
 5. 완충지역에 설치한 로프를 풀고 적절한 지역에 테이프 표시한다.
 6. 환자가 이송된 후 방사선안전관리요원의 지시에 따라 청소를 하며 플라스틱 장갑과 장

화를 적절히 이용한다.

안전요원

- 위치 : 필요로 하는 곳
- 방사선 방호 : 무
- 책임 : 완충지역 주위의 지역과 오염검사실로 들어가는 특별 출입구를 확보한다.
- 의무 :
 1. 구급차에서 내린 후 응급실 입구까지 조정한다.
 2. 방사선안전관리요원의 지시가 있을 때까지 그 지역내의 구급차와 사람들을 제한시킨다.

방사선 사고응급 지침

(Radiation Accident Protocol for Emergency Departments : adapted from Leonard Ricks(1980))

지침 : 의학적 안정이 방사선학적 고려에 항상 선행 되어야한다.

1. 사고 인지 : 팀장, 응급실장
 - 1) 방사선 사고 계획 설정 여부를 결정한다.
 - 2) 수간조사, 방사선안전관리요원(radiation safety officer : RSO). 안전요원, 공홍보요원과 기타 방사선 응급 구조팀원들을 소집한다.
 - 3) 피해자에 대한 책임을 지고 다른 사람에게 임무를 부여한다.
2. 팀장 또는 선임자는 사고 지점의 정보를 얻는다.
 - 1) 방사선 사고의 종류 : 조사, 오염, 혼입 (Incorporation)
 - 2) 오염되지 아니한 피해자의 수와 상태를 파악한다.
 - 3) 오염된 피해자의 수와 상태를 파악한다.
 - 4) 방사능 동위원소의 종류 - 가능하면 사고지점의 검체를 채취한다.
3. 환자 도착에 대한 준비
 - 1) 오염의 확산을 가능한 막기 위하여 "방사선응급구역"(radiation emergency area : REA)을 설정한다.
 - 2) 구급차로부터 오염제거실 또는 방사선응

급구역으로 이르는 길을 불필요한 환자나 치료요원으로 부터 정리한다.

- 3) 구급차로부터 방사선응급구역으로 이르는 길을 정리한다.
 - (1) 시간이 있는 데로 플라스틱이나 종이로 마루를 덮고 테이프로 붙인다.
 - (2) 로우프로 경계 짓고 방사선안전관리요원이 안전하다고 선언한 곳까지 방사능 표시를 한다.
- 4) 오염제거실 또는 방사선구역에 대한 준비
 - (1) 환기장치를 끄거나 방을 덮는다.
 - (2) 플라스틱, 종이 또는 침대 시트로 바닥을 덮고 테이프로 붙인다.
 - (3) 입구에서 방사선응급구역까지 오염된 면을 표시한다.
 - (4) 불필요한 장비를 방으로부터 제거하거나 플라스틱 필름으로 덮는다.
 - (5) 적절한 오염제거침대와 테이블을 준비한다.
 - (6) 폐기된 옷, 거즈와 일회용 기구 등 오염된 것들을 담을 플라스틱 또는 금속함을 준비한다.
 - (7) 방사선측량기구에 전지를 넣고 작동을 점검한다.
 - (8) 방사선응급구역 내의 배후방사능을 측정 후 기록한다.
- 5) 오염제거팀의 임무
 - (1) 의료진
 - [1] 환자를 치료한다.
 - [2] 오염제거 작업을 지휘한다.
 - (2) 수간조사
 - [1] 방사선응급구역의 외부에 남아있을 인원을 결정하고 의료진과 오염제거팀에 공급할 것을 준비한다.
 - [2] 의료진을 돕는다.
 - [3] 모든 검체와 오염구역의 검체(swab)를 모은다.
 - [4] 생활징후를 모니터하고 기록한다.
 - [3] 방사선안전관리요원(Radiation safety officer : RSO)

- (1) 방사선응급구역의 입구에서 나가는 모든 사람, 기기와 표본을 모니터 할 인원을 지정한다.
 - (2) 환자의 치료와 처치 동안의 환자, 오염제거팀과 다른 관련인원의 모니터를 시행한다.
 - (3) 모든 오염검체의 방사능측정을 시행한다.
 - (4) 순환 간호사
 - (1) 필요시 보조인력의 역할을 한다.
 - (2) 모든 검체에 이름표를 부착한다.
 - (3) 외부로부터 방사선응급구역으로 반입되는 필요한 공급품을 체크한다.
 - (4) 방사선안전관리요원에 의해 측정된 오염의 구역과 정도를 기록한다.
- 6) 오염제거팀의 준비
- (1) 방사선응급구역에 오래 머무를 것에 대비하여 휴게실을 이용한다.
 - (2) 각각의 인원은 필름뱃지에 이름을 쓰고 복장에 붙인다.
 - (3) 각각의 인원은 외과 준비실에서
 - 외과 모자
 - 방수신발 덮개
 - 외과 가운
 - 외과 장갑 (장갑을 소매에 테이프로 붙인다)
 - 두 번째 외과 장갑(테이프로 붙이지 말고 찢어지거나 오염되면 항상 바꾼다.
 - 외과 마스크
 - (4) 각자는 개인선량계를 바깥가운의 목 부위에 부착하여 쉽게 오염되지 않도록 한다 : 오염제거작업 동안 정기적으로 선량계를 판독하여 결과를 방사선안전관리요원에게 보고한다.
4. 환자의 도착과 평가
- 1) 들것을 구급차로 가지고 가서 오염되어 있을 피해자를 옮긴다.
 - 2) 환자는 먼저 의료진과 방사선안전관리요원에 의해 예비검사를 받는다. 구급차 안이나 근처에서 시행함이 좋다. 기도, 호흡과 심혈관계를 체크하고 상해의 정도를 평가한다.
 - 3) 환자의 안정에 필요한 약물, 수액과 내과 혹은 외과적 처치를 시행한다.
 - (1) 중환자는 비록 오염되어 있을 지라도 방사선계측을 위해 기다리지 말고 곧바로 응급실 혹은 방사선응급구역으로 간다 이 시기에 의복을 제거하기 위해 지체하지 않는다.
 - (2) 중환자는 아니지만 오염된 경우, 구급차에서 나와 환자를 들것에 눕히고, 옷을 제거하여 구급차에 둔다. 환자는 천으로 덮고 오염제거 실이나 방사선응급구역으로 간다. 플라스틱 시트를 사용하지 않는다.
 - (3) 중환자가 아니며 오염되지도 않은 경우, 옷을 입은 채로 응급실의 정규의 상클리닉으로 간다.
 - 4) 귀와 콧구멍과 입으로부터 가능한 한 빨리 검체 면봉으로 검체를 취한 후 바로 씻고 샤워를 시킨다.
 - 5) 환자의 상태에 따라 모든 검사실 검체, 심전도와 방사선학적 검사를 시행한다.
 - (1) 혈액(CBC, 혈액형검사, 교차반응, 염색체 검사); 뇨(뇨 검사, BUN과 혈장 크레아티닌 농도); 뇨 및 기타 배설물 (방사능 측정)
 - (2) 검체는 분리된 마개를 갖는 용기에 넣는다; 환자의 이름, 채취 장소와 시간을 표시한다.
 - (3) 검체들은 방사능 측정이 이루어 질 때까지 납용기나 멀리 떨어진 안전한 장소에 보관한다.
 - 6) 방사선안전관리요원은 환자 전체를 등을 포함하여 모니터 한다; 오염된 부위와 정도를 해부학적위치에 따라 기록한다.
 - 7) 모든 오염지역에서의 면봉 검체도 위와 같은 방법으로 보관한다.
 - 8) 구급차 승차원은 그들과 구급차에 대한 오염 모니터가 될 때까지 구급차에 있는 다.

- (1) 오염되지 않은 경우, 모두 입무로 돌아간다.
 - (2) 오염된 경우, 방사선안전관리요원은 인원과 차에 대한오염제거를 지시하고 시행한다.
5. 오염제거 및 치료
- 1) 개방성 상처 - 가장 먼저 시행
 - (1) 3분간 생리 식염수로 상처를 세척한다.
 - (2) 방사능을 모니터 한다-반복해서 생리 식염수로 세척하고 계측하여 거의 배후 방사능 정도이거나 또는 평형상태에 이르도록 한다.
 - (3) 오염이 지속되면 3% 과산화 수소(hydrogen peroxide) 용액 혹은 다른 적절한 용액으로 세척한다.
 - (4) 다른 부위의 제염이 필요하다면 이미 제염이 끝난 부위는 상처를 덮어둔다.
 - 2) 눈
 - (1) 물줄기로 세척하며, 내측 안각으로부터 코에서 옆머리 관자놀이 방향으로 한다.
 - (2) 모니터하며 필요시 반복한다.
 - 3) 이도(Ear canal)
 - (1) 먼저 면봉검체를 얻고, 소량의 물로 부드럽게 세척하며 자주 흡인한다.
 - (2) 모니터하며 필요시 반복한다.
 - 4) 비강 또는 입
 - (1) 가능하면 머리를 옆으로 또는 아래로 한다.
 - (2) 소량의 물로 부드럽게 세척하며 자주 흡인한다.
 - (3) 환자로 하여금 삼키지 않도록 한다.
 - (4) 만일 오염물질을 알고 섭취한 것이 의심되면 비위장관 튜브를 위장에 넣는다; 흡인하여 내용물을 모니터 한다. 만일 위 내용물에서 방사능을 나타내면:
 - (1) 위세척액이 맑아질 때까지 소량의 생리식염수로 위세척을 시행한다.
 - (2) 제염(decontamination)을 시작한다.
 - 5) 피부
 - (1) 수분간 비누와 체온정도 미온의 물과 부드러운 솔을 이용하여 부드럽게 닦는다 - 충혈되거나 자극을 주지 않도록 한다. 광범위하게 오염된 보행이 가능한 환자는 샤워를 시킨다.
 - (2) 모니터 하며 필요한 경우 반복 세척한다.
 - (3) 만일 오염이 지속되면
 - (1) 경한 찰과상 비누(mild abrasive soap) 또는 액체 용매(liquid detergent)와 cornmeal의 1:1 혼합물, 또는
 - (2) Clorox(좁은 범위는 full strength, 넓은 범위와 안면 또는 상처부위는 희석해서)
 - 6) 모발
 - (1) 3분간 약한 샴푸로 세척하고 린즈한다.
 - (2) 모니터하며 필요한 경우 반복 세척한다.
 - (3) 오염이 지속되면 모발을 묶는다 - 면도하지 않는다.
6. 의사는 가능한 한 완전한 이학적 검진을 시행하고 의학적 병력을 얻는다.
7. 오염제거실로부터 환자를 내보낸다.
- 1) 물기가 없는 환자를 내보낸다.
 - 2) 방사선안전관리요원에 의한 전신계측 후 내보낸다.
 - 3) 만일 방사선안전관리요원이 결과를 인정하면, 깨끗한 마루 덮개를 방사선용급구역의 출구로부터 환자까지, 필요하다면 출구로부터 오염제거실외부의 깨끗한 들것까지 덮는다.
 - (1) 보행이 가능한 환자는 깨끗한 들것이나 바퀴 달린 의자를 이용한다.
 - (2) 환자를 깨끗한 들것이나 바퀴 달린 의자에 옮긴다; 오염제거 작업자는 운반에 참가해서는 안된다.
 - (3) 방사선안전관리요원은 오염제거실을 떠날 들 것, 테이블과 의자 등을 계측한다.

8. 오염제거팀의 방출

- 1) 팀구성원은 “깨끗한 경계선”(“clean line”)에서 다음의 순서대로 옷을 벗어 “오염” 표시가 된 플라스틱용기에 넣는다.
 - (1) 바깥장갑을 먼저 벗는다; 끌어당기면서 안이 바깥으로 나오게 한다.
 - (2) 선량계를 방사선안전관리요원에게 준다.
 - (3) 모자와 마스크를 벗는다.
 - (4) 에이프론을 벗는다.
 - (5) 바지자락과 소매의 테이프를 제거한다.
 - (6) 외과 가운을 벗는다; 안이 바깥으로 나오게 하고 흔들지 않는다.
 - (7) 한쪽발의 신발 덮개를 제거한다; 방사선안전관리요원에 의해 신발이 깨끗하다고 계속되면 깨끗한 경계선으로 발을 딛고 나머지 발의 덮개를 제거한 후 모니터 한다. 만일 양쪽 신발이 오염되어 있으면 신발을 벗어 옷과 함께 오염물에 둔다.
 - (8) 치료실을 바라보고 안쪽 장갑을 벗어 표지된 폐기가방에 넣는다.
- 2) 마지막으로 발과 손들을 계측한다; 방사능오염이 없음을 확인한다.

이상을 기본으로 각각의 방사능 동위원소에 따른 처치 등은 “Management of persons accidentally contaminated with radionuclides”; NCRP REPORT No. 65 : 5th eds. Jan 31, 1993; Quick Reference information.을 참고로 이용한다.

결 론

방사선생물학의 결정론적 및 추계론적 영향과 방사선 안전관리를 포함하는 물리학을 기본으로 방사선 피폭, 오염, 내부피폭과 방사능 결합(incorporation) 등 각각에서의 생리학적 영향 및 진단 방법 등의 연구에 따른 급성방사선중후군, 부분방사선장해, 외부오염 및 상해와 내부 피폭 등에 대한 치료방침과 역학 및 심리학적 영향 등을 고려한 공중 보건 문제 및 치료 우선 순위를 확립하는 합의 노력이 요구된다.

이상을 근간으로 우리 실정에 맞는 방사선 응급 구조 시스템을 구축하고 응급 치료 체계상의 치료진들은 중앙 방사성 응급 구조 센터와 지역 방사선 응급 구조팀을 중심으로 타 유 관 부처와의 유기적인 협조를 통해 사회 전체적으로 통합관리되어야 하며 미비한 것이 발견되는대로 계속적인 수정 보완을 해야할 것으로 생각한다.