

직업적으로 ^{192}Ir 에 피폭되어 발생된 방사선피부염

성균관대학교 의과대학 피부과학교실

김 계 정 · 유 재 학

— Abstract —

Radiodermatitis from Occupational Exposure to ^{192}Ir

Kea Jeung Kim, M.D., Jae Hak Yoo, M.D.

Department of Dermatology, Sungkyunkwan University, College of Medicine

Portable gamma radiography for nondestructive testing with ^{192}Ir is commonly used in various industrial fields to detect possible internal defects of metals in pipelines, tanks, bridges, ships and so forth in Korea. Compared to the numerous researches about biologic effects and potential risks of radiation, only a few papers were reported about radiodermatitis from occupational exposure to ^{192}Ir .

In this study, we investigated six patients with occupational radiodermatitis which developed during portable gamma radiography for nondestructive testing with ^{192}Ir . All six patients had developed radiodermatitis on their hands and fingers. They noticed painful swelling, erythema, and bullae on their fingers or palms 1 to 2 weeks after exposure. Three patients suffered from chronic fibrosis and recurrent ulcerations. We also discussed about the working situation of our patients and reviewed the literatures about the radiodermatitis from occupational exposure to ^{192}Ir .

In conclusion, we think ionizing radiation, though it is a useful tool in industry, must be carried out in accordance with radiation protection rules and regulations.

Key Words : Occupational radiodermatitis, ^{192}Ir , Portable gamma radiography

서 론

직업성 피부질환을 일으킬 수 있는 요인으로는 화

학적 요인이 가장 많이 보고되고 있지만, 방사선과 방사선 동위원소가 의학을 비롯한 여러 산업분야에 이용되면서 방사선 피부염 발생의 가능성이 높아졌다(Samitz와 Cohen, 1985). 최근 이들의 의학적

이용에 의한 방사선 피부염에 대해서는 비교적 많이 알려져 있으나 산업 분야에서 직업적으로 발생한 방사선 피부염의 보고는 매우 드문 실정이다. 그러나 우리나라에서도 사회의 고도 산업화에 따라 건축물 등의 비파괴 검사, 철강산업, 칼라 텔레비전 공장, 원자력 발전소 등 산업체에서 방사선 물질의 이용이 증가하고 있으며 의료기관에서도 진단과 치료목적으로 방사선 물질의 이용이 증가함에 따라서 직업성으로 발생한 방사선 피부염도 다수 발생하리라 생각된다. 이중 직업적으로 특히 문제가 되는 것은 교량, 선박 등의 금속 구조물이나 송유관, 가스관 등의 용접배관의 내부결함 여부를 조사하는데 주로 이용되는 방사선 투과 검사 분야로 주로 ^{192}Ir 과 ^{60}Co 가 이용되고 있다(McGuire와 Peabody, 1986). ^{192}Ir 을 이용한 방사선 투과 검사기는 가격이 저렴하며 차폐가 적게 필요하므로 무게를 줄일 수 있고 다루기 쉬워 휴대용 이동 조사장치에 많이 이용되고 있다.

국내외의 문헌을 고찰한 결과 방사선 피부염에 대하여는 많은 문헌 보고가 있었고 ^{192}Ir 에 의한 방사선 피부염은 Sugiyama 등(1974)이 우발적으로 발생했던 증례를 보고한 이래 몇가지 보고가 있었다. (Jacobson 등, 1977 ; Annamalai 등, 1978 ; Conde-Salazar 등, 1986 ; 은세철 등, 1986 ; Jalil 과 Rab Molla, 1989 ; Becker와 Rosen, 1989) 그러나 ^{192}Ir 을 이용한 방사선 투과검사 중 발생한 방사선 피부염에 대한 보고는 모두 단편적인 증례보고로 작업환경과 임상 특징 및 합병증 등을 비교 평가한 연구 보고는 없었다.

따라서 저자들은 본원을 방문하였던 ^{192}Ir 을 이용한 방사선 투과검사 중 발생한 방사선 피부염 환자들에게서 방사선 노출의 경위와 피부병변을 조사하고 조직검사 등을 실시하여 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고한다.

연구 대상 및 방법

1986년 5월부터 1996년 5월까지 ^{192}Ir 을 이용한 방사선 투과검사에 종사하는 사람으로 방사선에 노출된 후 피부염이 발생하여 강북삼성병원 피부과에 내원한 6명의 환자를 대상으로 하였다. ^{192}Ir 에 의한 피부염의 특성을 평가하기 위하여 대상환자의 분석, 방사선 노출의 경위, 노출 부위, 피부 증상 발현까

지의 잠복기, 피부 증상 및 피부병변을 조사하고 조직검사 등을 실시하였다. 또한 치료 후의 경과와 합병증 발생 여부를 분석하였다.

연구결과

1. 대상환자의 분석

환자들은 모두 방사선 투과검사에 종사하는 사람으로 ^{192}Ir 에 피폭된 후 수부에 급성 방사선 피부염의 소견을 보였다. 환자는 모두 남자였으며 연령은 10대가 1명, 20대가 5명으로 대부분 20대에서 발생하였고 평균 연령은 22.5세였다(Table 1).

2. 방사선 노출의 경위

증례 1은 양손으로 방사선 투과검사기의 휴대용 조사장치내에 있는 방사선(^{192}Ir) 선원(radiation source)의 위치 수정 작업을 시행한 후에 발생하였고, 증례 2는 잠깐 동안은 안전하리라 생각하고 휴대용 조사장치 점검중 방사선(^{192}Ir) 선원을 직접 손으로 수 초간 만져서 발생하였으며, 증례 3, 4는 작업 중 유도장치의 고장으로 방사선(^{192}Ir) 선원이 유도관 내에 남아 있는 것을 모르고 맨손으로 방사선 조사장치를 옮기는 등 작업을 계속하여 발생하였다. 증례 5는 방사선 투과검사기의 조립과정에서 10여차례 휴대용 조사장치내에 있는 방사선(^{192}Ir) 선원을 만진 후 발생하였고, 증례 6은 ^{192}Ir 휴대용 조사장치 해체 작업 중 유도관에 남아 있던 방사선(^{192}Ir) 선원을 왼손으로 잡고 안으로 집어넣는 작업을 한 후에 발생하였다. 증례6 이외는 모두 비전문 요원들이었으며 확실한 안전교육이 부족하여 방사선의 위험성을 간과했던 것이 원인이었다.

3. 피부 증상

방사선에 노출된 후 증상 발현까지의 잠복기는 1주에서 2주 사이가 5명으로 가장 많았다. 피부 병변이 발생한 부위로는 수지부가 4명으로 가장 많았고, 수장부가 1명, 수장부와 수지 모두에 병변이 발생한 경우가 1명이었다. 전례에서 전신증상은 관찰할 수 없었으며 피부 증상으로는 모든 증례에서 홍반, 소양감, 통증 및 부종을 관찰할 수 있었고 그 이외에 수포 형성, 피부 경화, 미란, 궤양 등을 관찰할 수 있었다. 모두 급성 방사선피부염의 증상을 보였고 1

도, 2도, 3도 방사선피부염이 각각 2명씩이었다 (Table 1). 추적 관찰 후에 나타난 증상은 (Table 2) 증례 2와 6에서는 반복적인 궤양과 만성적인 섬유화를 보였으며 증례 5는 피부의 경화 및 위축이 심하였고 조갑 탈락이 지속되었다.

4. 검사실 소견 및 조직 검사

증례 6에서 수부 방사선 검사 결과 미만성 골다공증과 검사실 소견상 백혈구치의 상승이 관찰되었다. 4례에서 조직검사를 시행하였으며 표피에서는 표피 세포내와 세포간의 부종 및 표피 위축이 관찰되었고 진피에서는 모세혈관의 확장과 다수의 단핵세포들이 혈관주위에 침윤된 소견을 보였다. 증례 2에서는 표피내의 세포 과열과 기저세포층의 액화변성으로 표피내 수포와 표피-진피 경계부의 수포가 관찰되었다.

5. 치료 및 경과

피부 병변의 정도에 따라 적절한 전신 및 국소 스테로이드제와 항생제를 2주에서 4주까지 치료하였고 증례 1, 3, 4에서는 증상의 호전이 있었으나 많은 예에서 합병증을 초래하였다 (Table 2). 증례 2에서는 반복적인 궤양과 만성적인 섬유화가 진행되어 병

변부의 피부를 절제한 후 피부 피판술을 시행하여 결손된 피부를 복원시켰고 증례 5는 6개월간의 추적 관찰중 피부의 경화 및 위축이 심하였고 조갑 탈락이 지속되었다. 증례 6은 만성적인 좌측 수장부와 수지의 피부 궤양과 방사선 소견상 미만성 골다공증 소견을 보였던 환자로 좌측 시지와 중지의 절단술을 시행한 후에 피부 피판술로 결손된 피부를 복원시켰다 (Fig. 1, Fig. 2).

고 찰

홍반량의 이온화 방사선이 피부에 주어지면 수시간에서 수주간의 잠복기를 거친 후에 홍반 등의 급성반응 (Kurban과 Farah, 1969)이 나타난다. 이 급성반응이 나타난 후 수년간의 또다른 잠복기를 거치면서 후기 방사선 반응이 나타난다. 급성반응에 의한 방사선피부염은 1도에서 3도까지로 나뉘는데 (Braun-Falco O 등, 1976) 총피폭선량, 선량의 분할정도, 방사선종류 및 이온화 density, 피폭된 조직의 넓이 또는 용적, 해부학적 위치 및 혈액공급 상태, 피폭자의 연령 및 전신상태 등에 영향을 받는다 (Goldschmit와 Scherwin, 1980). 1도 방사선

Table 1. Case summary and pathologic evaluation of 6 radiodermatitis patients

Case	Age/Sex	Onset after exposure	Site	Clinical symptoms and signs	Histopathologic feature	Degree
1	22/M	6 weeks	Rt 1,2,3 fingers Lt 1,2 fingers	pain, edema, erythema pruritus, bulla, ulcer	intra- and intercellular edema inflammatory cell infiltration	second
2	28/M	2 weeks	Rt 1,2 fingers Lt 2 finger	pain, edema, erythema pruritus, bulla, ulcer	intra- and intercellular edema inflammatory cell infiltration epidermal necrosis dermo epidermal separation	third
3	25/M	7 days	Lt 1,2,3 fingers	pain, edema, erythema pruritus	intra- and intercellular edema inflammatory cell infiltration	first
4	19/M	7 days	Lt palm	pain, edema, erythema burning sens, erosion pruritus	intra- and intercellular edema inflammatory cell infiltration	first
5	20/M	8 days	Lt 1,2,3,4 fingers Lt 1,2,3 nail shedding	pain, edema, erythema bulla, ulcer, sclerosis desquamation, pruritus prickling	not done	second
6	21/M	10 days	Lt palm Lt 2,3 fingers	pain, edema, erythema bulla, ulcer, sclerosis pruritus	not done	third

Table 2. Late sequelae of 6 radiodermatitis patients from exposure to ^{192}Ir

Complication	Number of patients
fibrosis	4
ulceration	3
infection	3
atrophy	3
telangiectasia	3
limited motion	2
desquamation	2
nail shedding	1
amputation	1
cellulitis	1

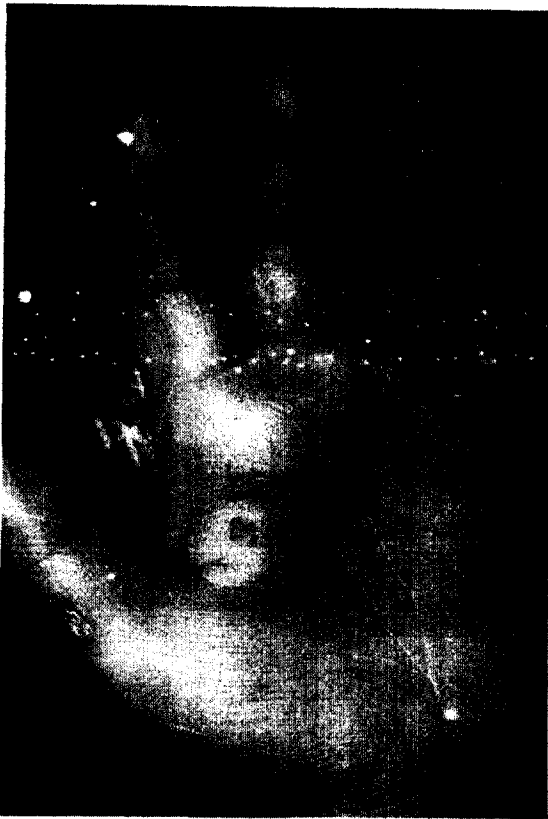


Fig. 1-A. Photographic findings of case 6 : bulla on the Lt. palm and 2nd, 3rd, 4th fingers after 2 weeks of exposure

피부염은 신체 일부에 600 rem 이상이 피폭된 후 2 일에서 7일 내에 홍반, 부종, 소양감과 작열감이 나타나 비로소 자신이 방사선에 피폭된 사실을 알게되며 10일에서 14일 사이에 최고 반응을 보인 후 수주

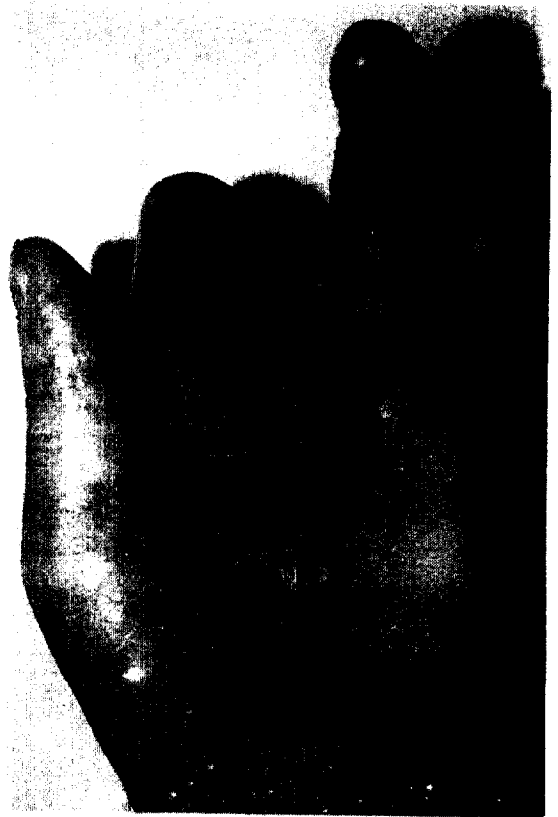
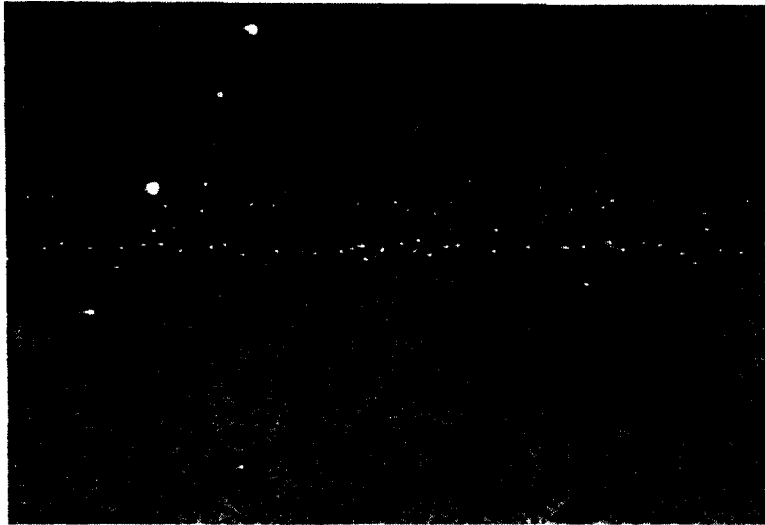


Fig. 1-B. Photographic findings of case 6 : amputation and abdominal flap was done due to necrosis.

에 걸쳐서 회복된다. 한 번에 1000 rem 이상의 방사선에 피폭되면 2도 방사선피부염이 발생하여 피폭된 부위가 부풀어 오르고 진무르는 등 염증 증상이 발생하고 1-3주 내에 수포가 발생한다. 피폭 받은 손은 미란, 궤양이 발생할 수 있고 점차 뻣뻣하게 굳어지며 움직일 때마다 통증이 동반된다(James와 Odom, 1980). 6주내지 12주 후에 치유되며 영구적 탈모 혹은 상흔이 남기도 한다. 2000-3000 rem 정도의 방사선에 피폭 받았을 경우에는 3도 방사선 피부염을 보이는데 표피가 박탈되며 수포가 피부 궤양 및 괴사로 발전하여 수 개월 혹은 수 년간 지속되는 방사선 궤양(roentgen ulcer)이 발생한다. 피폭 방사선량(D)은 $A\Gamma/d^2$ 식으로 계산할 수 있으며 (A는 선원의 방사능용량, Γ 는 고유감마선상수, d는 점선원으로부터의 거리), 이 식을 이용하여 방사선(당시 명목상 ^{192}Ir 방사능용량 35 Ci) 선원과 차폐장치 없이 1 cm의 간격으로 1분 정도 피폭된 증례



Fig. 2-A. Radiologic and histopathologic findings of case 6 : diffuse osteoporotic change



B. Epidermis shows marked intracellular and intercellular edema with diffuse inflammatory cell infiltration in dermis (Hematoxylin-eosin stain, $\times 100$).

6의 피폭 방사선량을 계산하면 2736 rem 정도이다. 이러한 3도 방사선피부염의 후유증은 증례 2, 6의 경우와 같이 피부 피관술 등으로 치료하나 재발하는 경우가 많으며 후에 악성종양으로 이행될 수도 있으므로(Martin, 1970 ; Pegum, 1972 ; Lindelof와 Eklund, 1986 ; Shore, 1990) 장기간의 추적 관찰이 요망된다.

또한 피부 뿐아니라 뼈나 내부장기에도 손상이 발생할 수 있고 상당기간 경과 후 피부암이 발생할 수도 있다. 증례 6은 2년전부터 방사선 투과검사 작업을 하며 수부에 반복적으로 노출된 저용량의 방사선

에 의한 축적효과(cummulative effect)로 골다공증이 발생한 경우이다.

요즘 산업과 의료 등의 분야에서 광범위하게 방사성 동위원소를 사용하고 있으나 직업적으로 특히 문제가 되는 것은 방사선 투과 검사 분야이다. 이는 ^{192}Ir 등의 강력한 방사성 동위원소를 사용하며 많은 곳을 옮겨다니고, 수명이 다된 방사성 동위원소를 폐기할 때 필수적인 원격절단장치를 갖춘 곳이 부족하기 때문이다. 이러한 방사선 투과검사는 교량, 선박 등의 금속 구조물이나 송유관, 가스관 등의 용접 배관의 결함 여부를 조사하는데 주로 이용되고 있다

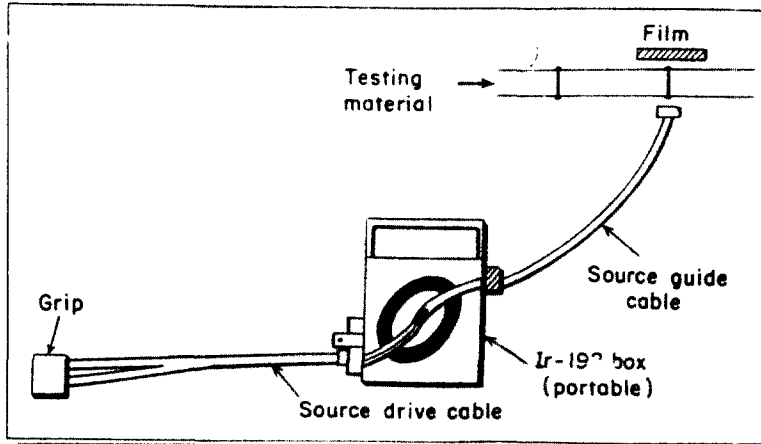


Fig. 3. Schematic drawing of radioisotope transpiercer test using ^{192}Ir .

(McGuire와 Peabody, 1986). 방사선 투과검사에는 X-선, γ -선, 중성자선 등이 이용되며 γ -선의 선원으로 ^{192}Ir 과 ^{60}Co 가 주로 이용된다. ^{192}Ir 은 원자번호 77, 반감기 75일인 은백색의 동위원소로 ^{60}Co 에 비하여 차폐가 적게 필요하여 가볍고 크기가 작으므로 휴대용 이동 조사장치에 많이 이용된다. ^{60}Co 조사장치는 많은 차폐를 필요로 하기 때문에 매우 무거우며 따라서 대부분 고정식 장비로 사용된다. 방사선 투과검사기에 의한 방사선 피부염은 대부분 손이나 손가락 등이 주된 피폭대상이 되나 가끔 다른 부위도 손상을 입게된다. 손에 입는 방사선피부염은 작업 중 손에 선원이 닿거나 수 초 동안 선원을 쥐고 있었을 경우에 발생한다. 본 연구의 모든 증례 역시 모두 이와 같은 원인에 의하여 발생한 것이다. 방사선 투과검사는 휴대용 조사장치, 추진 케이블, 선원 유도관을 Fig. 3과 같이 장치한 후, 검사하려는 물체의 후면에 필름을 놓고, 작업자는 방호구를 착용하거나 안전거리 이상 멀리 떨어져서 추진 케이블을 작동하여 조사장치 내의 선원을 선원 유도관 말단까지 이동시켜 일정시간 방사선을 조사하여 검사를 시행하고 검사가 끝나면 다시 추진 케이블을 작동하여 선원을 휴대용 조사장치 내로 이동시킨다. 휴대용 조사장치는 Fig. 4와 같이 방사선 차폐장치가 되어 있는 내부에 S관이 있고 S관 내에 방사선 선원이 위치한다. S관의 양쪽 끝에 추진 케이블과 선원 유도관을 Fig. 3과 같이 장치하여 사용한다. 이러한 휴대용 조사장치는 무게가 약 45 파운드 정도이며 ^{192}Ir , 120 Ci까지 저장 가능하다. 이 장치는 한 사람이 이동할 수 있게 고안되어 있으며, 이

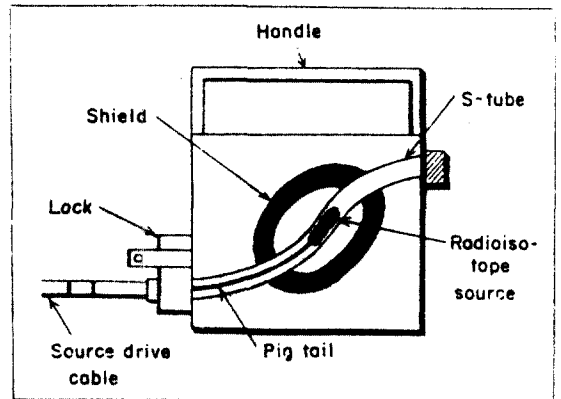


Fig. 4. Portable ^{192}Ir box.

동성이 좋고 전원없이 작동하기 때문에 대다수의 공업 분야에서 사용되고 있다.

한국에서는 10여 개의 전문 용역회사에서 방사선 투과검사를 실시하고 있으며 대부분 원자력법에 의한 면허를 취득한 전문요원이 취급하고 있으나 실제 작업반에는 전문요원의 지도 감독하에 수명의 비전문 요원이 함께 일하고 있는 경우가 많아서 때로 이들이 부주의로 인하여 사고가 발생할 수 있다. 본 연구의 환자들도 증례6 이외는 모두 비전문 요원들로 방사선의 위험에 대한 확실한 이해없이 잠깐 동안은 안전하리라 생각하고 방사선선원을 직접 노출된 경우도 있었다. 방사선 선원이 유도관 내에 남아 있는 것을 모르고 맨손으로 방사선 조사장치를 옮기는 등 작업을 계속하여 발생한 증례들은 작업시 audible alarm dosimeter 같은 경보기구를 휴대하면 충분히 예방할 수 있는 사고들이라 생각된다.

직업성 방사선 피부염을 예방하기 위하여는 방사

선 피폭량을 줄이는 것이 가장 중요한데, 첫째 가능한 한 노출 시간을 줄이고, 둘째 선원으로 부터 거리를 되도록 멀리 유지하고, 셋째 적절한 차폐장치를 사용하며, 넷째 작업자는 반드시 personal monitoring 기구를 사용하도록 해야 한다. 작업자가 사용할 수 있는 personal monitoring 기구에는 pocket dosimeter, audible alarm dosimeter, film badge, thermoluminescent dosimeter 등이 있다(McGuire와 Peabody, 1986). 또한 비파괴 검사시 방사성 동위원소를 사용하는 검사에서 초음파검사 등의 방법을 이용한 검사로의 전환이 필요하다. 아울러 방사선 노출을 예방하기 위하여는 법률적 제도장치나 예방기구 보다도 실제 사용자들의 방사선 피폭에 대한 확실한 이해와 지도 감독 및 예방 교육이 더 중요하다. 방사선 피부염을 포함한 직업성 질환의 국내 보고는 외국에 비하여 부족한데, 이는 보고 및 보상 체계의 미비, 고용주나 근로자들의 인식부족, 검진자의 지식부족 등이 원인으로 보인다. 또 방사선 작업 종사시 방사선 화상을 일으킬 정도로 많은 선량에 피폭되는 사고는 그리 많지는 않을 것으로 생각되며, 오히려 적은 선량에 오랜 기간동안 피폭되어 발생하는 악성 종양이나 유전성 장애가 더 심각한 피해가 될 수 있으므로 위의 예방법들을 철저히 준수하는 것이 중요하다.

방사선피부염의 조직병리학적 변화로 급성인 경우에 표피에서는 표피세포내와 세포간의 부종과 기저세포층의 핵농축성세포출현, 핵화변성, 세포분열이 정지됨에 따른 표피 위축이 관찰되며 진피에서는 혈관의 확장 및 혈관 주위의 비특이성 염증세포침윤이 관찰된다. 만성인 경우에는 급성시 보이는 소견외에 진피층내 소혈관 중 내피하 결합조직이 증식되어 혈관의 내강이 좁아지게 되고 결국에는 내강이 소실되거나 혈전으로 막히게 된다. 본 연구에서는 4례에서 조직검사를 시행하였으며 표피에서는 표피세포내와 세포간의 부종 및 표피 위축이 관찰되었고 진피에서는 모세혈관의 확장과 다수의 단핵세포구들이 침윤되었다. 증례 2에서는 표피내 세포간 과열로 표피내 수포가 관찰되었다.

방사선 피부염의 치료에는 특별한 방법은 없고, 대개 대증요법에 의존한다. 삼출성 병변이 있을 때에는 습포를 시행하며 피부 연화제나 보습제를 사용한다. 이차 세균감염을 예방하기 위하여 항생제를

사용하기도 한다. 스테로이드의 전신 또는 국소요법은 그 효과가 아직 불확실하지만 본 증례들에서는 비교적 효과적이었다고 생각된다. 피부 병변의 정도에 따라 적절한 전신 및 국소 스테로이드제와 항생제를 2주에서 4주까지 치료하여 세 증례에서는 증상의 호전이 있었으나 한례에서는 반복적인 피부 위축과 섬유화가 진행되었고 두례에서는 만성적인 모양으로 병변부의 피부를 절제한 후 피부 피판술을 시행하여 결손된 피부를 복원시켰다.

저자들은 본 연구를 통하여 방사선은 반드시 안전 교육을 받은 전문 요원이 주의하여 다루어야 하며 급성 방사선 피부염이 치료된 후에도 일정기간 후에 피부괴사 등의 후유증이 초래될 수 있고 피폭된 후 피부암의 발생이 보고된 바 있으므로 장기적인 추적 관찰이 필요할 것으로 판단하였다.

결 론

^{192}Ir 을 이용한 방사선 투과검사에 종사하는 사람으로 방사선에 노출된 후 피부염이 발생하여 강북삼성병원 피부과에 내원한 6명의 환자를 대상으로 하여 대상환자의 분석, 작업환경 및 방사선 노출의 경위, 노출 부위, 피부 증상 발현까지의 잠복기, 피부 증상 및 피부병변의 조사, 치료 후의 경과와 합병증 발생 여부 등을 비교 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

환자들은 모두 ^{192}Ir 에 피폭된 후 국소적으로 수부에 피부 병변이 발생한 급성 방사선 피부염의 소견을 보였고 사회 활동이 많은 20대에서 주로 발생하였다. 대부분 안전교육이 부족했던 비전문 요원들이 부주의하게 방사선(^{192}Ir) 선원에 피폭된 경우가 많았으며 방사선에 노출된 후 증상 발현까지의 잠복기는 대부분 1주에서 2주 사이였고 피부 병변은 모두 수장부와 수지에 발생하였다. 급성 피부 증상으로는 모든 증례에서 홍반, 부종 및 피부 경화를 관찰할 수 있었고, 그 밖에 수포 형성, 통증, 궤양 등을 관찰할 수 있었다. 방사선피부염의 후유증으로는 섬유화, 궤양, 감염, 위축 및 모세혈관 확장증 등이 많았다. 검사실 소견상 한 증례에서 골다공증과 백혈구치의 상승이 관찰되었다. 4례에서 조직검사를 시행하여 표피에서는 표피세포내와 세포간의 부종 및 표피 위축이 관찰되었고 진피에서는 모세혈관의 확

장과 다수의 단핵세포구들이 침윤되었으며 증례 2에서는 표피내의 세포간의 파열로 형성된 수포가 관찰되었다.

피부 병변의 정도에 따라 적절한 전신 및 국소 스테로이드제와 항생제를 2주에서 4주까지 치료하여 세 증례에서는 증상의 호전이 있었으나 한례에서는 반복적인 피부 위축과 섬유화가 진행되었고 두례에서는 만성적인 궤양으로 병변부의 피부를 절제한 후 피부 이식술을 시행하여 결손된 피부를 복원시켰다.

이상의 결과로 보아 방사선(¹⁹²Ir)은 급성 방사선 피부염이 치료된 후에도 일정기간 후에 피부괴사 등의 후유증이 초래될 수 있으므로 장기적인 추적관찰이 필요하며 반드시 안전교육을 받은 전문 요원이 주의하여 다루어야 할 것으로 생각된다.

인용문헌

윤세철, 박용휘, 신경섭 등. 방사선 피부염 : 3예 보고. 대한방사선의학회지 1986;22:167-174.

Annamalai M, Iyer PS, Panicker TM. Radiation injury from acute exposure to an iridium-192 source: case history. Health Phys 1978;35:387-9.

Braun-Falco C, Lukacs S, Goldschmidt H. Dermatologic radiotherapy. New York, Springer-Verlag, 1976.

Becker J, Rosen T. Acute radiodermatitis from occupational exposure to iridium 192. South Med J 1989;82:1561-3.

Conde-Salazar L, Guimaraens D, Romero LV. Occupational radiodermatitis from ¹⁹²Ir exposure. Contact Dermatitis 1986;15:202-4.

Goldschmit H, Sherwin WK. Reaction to ionizing radiation. J Am Acad Dermatol 1980;3:551-79.

Jacobson A, Wilson BM, Banks TE, et al. ¹⁹²Ir over-exposure in industrial radiography. Health Phys 1977;32:291-3.

Jalil A, Rab Molla MA. An overexposure in industrial radiography using an ¹⁹²Ir radionuclide. Health Phys 1989;57:117-9.

James WD, Odom RB. Late subcutaneous fibrosis following megavoltage radiotherapy. J Am Acad Dermatol 1980;3:616-18.

Kurban AK, Farah FS. Effects of X-irradiation of the skin. Acta Derm Venerol 1969;49:64-71.

Lindelof B, Eklund G. Incidence of malignant skin tumors in 14,140 patients after Grenz-ray treatment for benign skin disorders. Arch Dermatol 1986;122:1391-7.

Martin H. Radiation-induced skin cancer of the head and neck. Cancer 1970;25:61-5.

McGuire SA, Peabody CA (박은주 등 역) : 방사선 안전관리. 초판, 서울 : 유림 문화사, 1986.

Pegum JS. Radiation induced skin cancer. Br J Radiol 1972;45:613.

Samitz MH, Cohen SR. Occupational skin disease. In: Moschella SL, Hurley HJ, editors. Dermatology. 2nd ed, Philadelphia: WB Saunders Co: 1985: 1691-1730.

Shore RE. Overview of radiation-induced skin cancer in humans. Int J Radiat Biol 1990;57:809-14.

Sugiyama H, Kurisu A, Hirashima K, et al. Clinical studies on radiation injuries resulting from accidental exposure to an iridium-192 radiographic source. J Radiol Res 1974;14:275-86.