

I. JCO 핵임계사고 환자에 대한 초기 치료 결과

(Early Clinical Consequences of Victims in JCO Criticality Accident in Tokaimura)

Gen Suzuki¹⁾

1. 원자력방재체제에서 방사선의학종합 연구소(放医研)

일본의 원자력방재체제는, 1961년에 제정된 「재해대책기본법」에 근거한 방재기본계획(제10장 원자력재해대책), 미국 TMI 원자력발전소 사고를 계기로 1979년 7월에 중앙방재회의가 제정한 「원자력발전소 등에 대한 방재대책상 취해야 할 조치에 대하여」, 1980년 6월에 원자력안전위원회가 정한 「원자력발전소 등의 주변 방재대책에 대하여」(소위 방재지침) 등에 근거하여 이루어지고 있다.

일본의 원자력방재체제는 2중으로 되어 있다. 주변주민에 대한 방재는 원자력발전소가 위치한 지방자치단체가 담당한다. 즉 의료에 대하여는 제1차 긴급피폭의료(구호소 등에서 실시하는 오염검사, 제염, 간단한 의학적 처치, 요오드제 투여)의 준비와 제2차 긴급피폭의료시설 정비(높은 오염의 제염, 내부피폭의 검사체제)를 추진하고 있다. 이와는 별개로 원자력사업자는 사업소내에 1차 의료시설을 설치하고 지역의 관련병원에 2차 의료를 의뢰하는 형식으로 되어 있다(이에 대하여는 다음에 기술하는 바와 같이 정비가 지연되고 있다). 중증의 피폭환자나 내부오염환자는 제3차 긴급피폭의료시설(방사선장해전문병원)인 放医研으로 후송하도록 되어 있다. 이와 같이 1차에서 2차, 3차라는 환자 후송 준비 이외에 放医研에서는 현지 재해대책본부에 긴급피폭 의료팀을 파견하고 요오드제 투여와 같은 의학적 판단과 방사선의학적 선별(triage)작업에 대한 조언하는 것으로 되어 있다.

또한, 「방재지침」에서 가상하고 있는 사고는 TMI와 같은 사고로서, 방사성가스의 누출을 상정하고 있다. TMI와 같은 사고는 사고 현장에서 중증환자가 발생한다고 가상하고 있지 않다(또는 가

상하고 있다하여도 그 의료 책임은 전력회사에 있다). 放医研 자체는 방사선 전문병원으로서 熱傷치료나 기타의 구급의료가 필요한 환자에 대응하고 있지 않다. 체르노빌사고(1986년), 고베 지진사고, 몬주의 나트륨 누출사고, 도카이사업소의 아스팔트고화시설 화재폭발사고 등을 계기로 “중증환자가 생기는 사고도 예상해두어야 하지 않는가”라는 논의가 일어나기 시작하였다. 1997년 6월에 중앙방재회의가 「재해기본계획」을 만들고 그 제10장에 원자력방재에 대하여 별도로 기술하고 있다. 또한 「방재기본계획」에는 긴급피폭의료의 실효성을 향상시키기 위하여 放医研을 중심으로 한 네트워크를 구축하는 것으로 규정되어 있다. 같은 해 8월에 放医研에 있었던 긴급피폭의료대책회의에서 「긴급피폭의료에 대한 방사선의학종합연구소의 역할에 대하여」를 발표하고 여기에서 긴급피폭의료대책회의를 긴급피폭의료네트워크회의로 개편하고 상위의료기관과의 인적교류와 연구교류를 통한 네트워크 구축, 비상시 네트워크기관으로부터 의사의 파견이나 환자의 수용 등을 제안하였다. 그 목적은 放医研의 전문성을 살리는 한편 放医研에 결여된 의료분야를 네트워크를 구축하여 보완하려는 것이다. 이번 JCO사고에서는 放医研과 긴급피폭의료네트워크회의 소속 시설의 협력으로 3명의 고선량 피폭환자 치료가 이루어 졌다.

2. JCO사고시 1차, 2차 의료시설의 대응

원자력시설에서 피폭사고가 발생하였을 때, 그 의료에 대한 책임은 사업소에게 있다. 지방자치단체가 정하고 있는 원자력방재대책은 주변주민의 건강을 지키는 것을 주목적으로 하고 있으며, 보건 행정적인 측면이 강하다. 그래서 중증환자가 생길지도 모르는 사업소는 피폭사고환자의 발생에

1) Radiation Effects Research Foundation ; 5-2 Hijiyama Park, Minami-ku, Hiroshima 732-0815, Japan.

대비하여 독자적인 치료체제를 갖추어야 하는 것이 의무로 되어 있다. 실제 원자력발전소는 소내에 제염시설이나 간단한 의료시설을 갖추고 있다. 그러나 일반적으로 의료설비는 노후화되어 있고 시설에 산업보건 의사가 상주하고 있지도 않다. 또한 보건 의사는 구급 의료를 하지도 않는다. 이와 같은 상황을 근거로 우리들은 오염을 수반하는 중증환자의 발생에 대비하여 사업소는 인근의 의료 시설과 오염피폭환자의 진료계약을 추진하여 들 것을 권고하여 왔으나 유감스럽게도 이와 같은 대책을 추진하고 있는 사업소는 거의 없다. 이바라키현에는 많은 원자력시설이나 연구소가 있다. 그러나 원자력사업소와 의료기관과 피폭의료에 관한 논의는 진행되고 있지 않다. 이번 JCO 사고는 사업소가 갖추어야 할 것으로 기대하고 있던 1차, 2차 피폭의료체제가 없는 상황에서 발생하였다.

1999년 9월 30일 10시 35분에 JCO핵입계사고가 발생하였다. 피폭상황을 간단히 설명한다. 사고는 변환시설에서 3명의 작업자가 침전조에 질산우라늄용액을 부어 넣는 과정에서 발생하였다(그림 1). O씨는 침전조의 옆에 서서 깔때기를 오른손으로 잡고 있었고 S씨는 침전조 옆 사다리에 오른발을 걸치고 받침대 위에서 구부린 자세로 질산우라늄용액을 깔때기에 주입하고 있었다. Y씨는 옆방의 책상에서 작업하고 있었다. 핵입계가 일어났을 때 S씨는 침전조 안의 액면이 푸른빛(체렌코프방사

감지하였고 Y씨는 문을 통하여 푸른빛이 반대쪽 벽에 비치는 것을 보았다고 한다. 바로 경보가 울리자 O씨와 Y씨는 위험을 감지하고 급히 약 15m 떨어진 제염·탈의실로 대피하였다. O씨는 제염·탈의실에 도착하자마자 쓸어졌고 의식을 잃었다. 몸이 경직되고 이를 악물고 거품을 토하는 상태였다. 지원하고자 다른 곳에서 급히 달려온 T씨가 대피하도록 설득하였지만 O씨가 의식불명 상태여서 모두 그 곳에 남았다. Y씨는 옆방에 남아 침전조가 있는 방을 다시 눈으로 확인하고 상황을 전화로 보고하려 하였으나 전화가 연결되지 않아 제염·탈의실로 갔다. 그리고 T씨에게 구급차를 배차하여 줄 것을 부탁하였다. Y씨와 K씨는 O씨의 입을 벌리고 젓가락을 물게 하여 호흡이 편하도록 하였다. O씨는 20분 후에 깨어났지만 다시 20~30분간 의식이 혼탁한 상태였다. 한편 S씨도 피폭직후에 목 부분에서 양손까지 마비되는 현상을 느꼈다. 이 마비현상은 다음날까지 지속되었다. 이러한 신경마비증상은 방사선에 의한 중추신경증상으로 생각된다.

10시 46분이 지나 구급차가 도착하였다. 구급대원에 의하여 O씨의 구급조치가 이루어졌다. 주변의 공간감마선량률이 높아 구급작업 장소를 약 80m 떨어진 장소로 이동하고 최종적으로 JCO정문까지 이동하였다. 그러나 오염상황이 확실하지 않고 어디로 후송하여야 할지가 결정되지 않아 11시 27분까지 구급차에 피폭작업자를 실지 못하였다.

이와 같은 상황은 원자력사업소 피폭사고시 의료체제의 미비를 여실히 들어내고 있다. 사업소의 제염실을 사용할 수 없었던 점, 사정을 아는 보건물리전문가가 환자의 피폭 상황이나 오염상황을 구급대원이나 의료진에게 설명할 수 없었던 점, 구급대가 오염되었을 가능성이 있는 피폭환자를 어떠한 방법으로 후송할 것인지를 결정하지 못하였던 점, 사업소와 계약하고 있는 2차 병원이 없었던 점 등이 의료체제의 미비점이다. 피폭작업자는 결국 국립미도병원으로 후송되었지만 JCO로부터 보건물리전문가가 수행되지 않았고(총무부 직원이 수행), 병원측과 협력체제를 취하지도 않았다. 참고로 원자력발전소 사고시에는 보건물리전문가가 환자와 함께 의료시설까지 가서 병원직원에게 피폭관리와 오염관리를 인계하도록 하고 있다.

O씨는 깨어난 직후부터 구토를 반복하고 구급차에 실기 직전에 설사를 하였다. S씨는 구급차에 실린 후 구토를 반복하였다. Y씨는 放医研에 올 때까지 헬리콥터에서 가벼운 구토기분을 느꼈을 뿐이다.

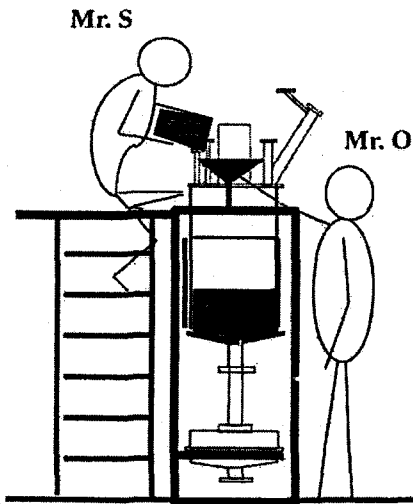


그림 1. 사고시 작업자 위치.

선)을 내는 것을 보았다고 한다. O씨도 푸른빛을

11시 반 경 구급대로부터 「직접 放医研으로 후송하고 싶은데 받아 줄 수 있는가」라는 연락이 왔다. 放医研은 「이바라키현은 국립미토병원이 원자력방재의 2차 의료기관이므로 그곳에서 진료를 받고 주사 등 필요한 처치를 취한 후 후송하기 바란다. 그사이 이 쪽에서 받을 준비를 하겠다」라는 요지의 답신을 하였다. 최종적으로 11시 49분에 구급차는 JCO를 출발하여 12시 7분에 국립미토병원에 도착하였다.

국립미토병원에 대하여 간단히 설명하면, 이 병원은 이바라키현의 원자력방재대책에서 제2차 긴급피폭의료시설로 지정되어 있으며 이바라키현 원자력의료센터(전평 55.5 m²의 시설)가 부설되어 있다. 이 곳에는 제염시설과 전신계수기 등 각종 측정기가 구비되어 있고 방사선과 기사에 의해 양호하게 관리되고 있었다. 그러나 그 시설은 비좁고 오염을 수반하는 구급환자를 취급하는 시설로 되어 있지는 않았다.

국립미토병원은 JCO로부터 「환자의 증상」이나 「외부오염은 없다」라는 정보를 받고 구급외래환자로 받아들이기로 하였다. 그러나 확인을 위하여 신틸레이션 검출기로 오염검사를 하였더니 감마선이 검출되어 급히 의료진에게 선량계를 지급하고 마스크와 고무장갑을 착용하도록 하였다고 한다. 긴급피폭 의료세미나에서도 중성자선피폭의 경우에 인체내 Na-23의 방사화가 일어난다 라는 사실을 우리들에게 알려 주지 않았다. 우리들은 지식으로서는 알고 있었지만 일본의 시설에서 실제로 일어날 사고로 핵임계사고를 받아들일 수 없었기 때문이다. 감마선이 측정되었을 때 담당의사들은 상황을 헤아릴 수 없어 혼란스럽게 되었다. 어찌되었든 국립미토병원은 이바라키현 재해대책본부의 요청없이 환자를 받아들여 환자의 증상 안정화를 위한 주사 및 말초혈구수의 검사를 하고 마취의사를 수행시켜 放医研으로 헬리콥터 후송을 하기로 하였다. 헬리콥터가 미토를 출발한 것은 사고 당일 14시 16분이었다. 후송을 위해 환자를 비닐로 덮었다. 이는 오염확대방지에는 도움이 되었지만 발열하고 있는 환자에게는 탈수를 일으키게 하는 원인이 되었다. 공기가 잘 통하는 오염 환자 후송방법을 고려할 필요가 생겼다.

3. 放医研 입원

과학기술청을 경유하여 放医研에 들어온 사고 제1보에는 「핵임계사고?」라는 기록이 있었지만 그 후 핵임계사고인가 아닌가라는 추가의 정보는

없었다. JCO에 직접 문의하여도 책임을 지고 답변할 수 있는 사람과 대화를 할 수 없었다. 放医研은 구급대로부터 「한사람은 일시적으로 의식을 상실하고 구토와 설사를 반복하였다. 또 한사람은 후송중 구토를 시작하였다. 외부오염은 없었다.」라는 정보를 받았으며, JCO로부터는 「변환시설에서 작업 중에 피폭사고가 일어났다. 상세한 사고 내용은 알지 못한다. 외부피폭은 없다.」라는 정보를 얻었고, 한편 국립미토병원으로부터는 「내부오염이 있는 것 같다」라는 정보를 얻었다. 핵임계사고인가 아닌가를 JCO직원으로부터 확인할 수 없었다. 어찌면 안전관리책임자는 사고대응 때문에 의료에 대한 정보제공을 고려하지 못하였을 것이다. 우리들은 내부피폭과 의식상실이라는 것으로 6불화우라늄의 흡입에 의한 폐수종도 있을 수 있다고 생각하였다. 동시에 임상증상으로부터 심각한 전신피폭 환자가 2명이라고 추측하였으며 골수 이식이 필요할지도 모른다고 흥분하면서 대기하였던 것을 기억한다.

치바시 헬리포트에 환자를 받으러 가기에 앞서 구급대와 연락을 취하였다. 만일 우라늄에 의한 내부오염이 있고 신틸레이션 서베이에에서 감마 또는 X선의 외부계측이 가능할 정도라면 상당히 높은 오염이다. 그래서 放医研의 전면마스크, 방호복, 선량계 등을 구급대에 지급하고 방사선안전관리요원과 같이 출발하기로 하였다. 측정기는 알파선용 반도체검출기, 베타(감마)선용으로서 GM 서베이를 준비하였다. 14시 45분에 치바시에 있는 헬리포트에 환자가 도착한 후 방사선안전관리요원이 헬리콥터 내부와 조종사들에 대한 오염검사를 하여 오염이 되지 않은 것을 확인하였다. 아울러 환자에 대한 서베이를 하고 구토물로부터 감마선이 검출되었으나 콧구멍 스페어나 구토물에는 알파선은 검출되지 않았다는 것을 확인한 후 放医研에 연락하였다. 환자는 미리 준비된 구급차에 옮겨 放医研으로 후송되었다.

15시 25분에 구급차가 放医研 긴급피폭 의료시설에 도착하였다. 긴급피폭 의료시설의 현관, 복도, 제염실 등은 시트로 깔았다. 알파선이 검출되지 않았기 때문에 전면마스크를 착용시키지 않고 환자를 받았다. 분담하여 3명에 대한 오염검사를 하고 Ge반도체 검출기를 사용하여 구토물의 감마선 스펙트럼을 분석하였다. 도착 10분 정도 후 구토물중 감마선원은 Na-24인 것을 확인하고 다시 환자가 소지하고 있던 휴대전화기나 동전도 방사화된 것을 확인하였다. 이 시점에서 핵임계사고가 일어나 중성자선 피폭이 있었다는 사실을 확신하

게 되었다. 환자는 땀을 흘리고 있었고 땀에 젖은 의복 등은 모두 Na-24에 오염되어 있었다. 그러나 구급차량과 구급대원은 오염이 되지 않았으며, 개인선량계에서도 피폭되지 않은 것으로 나타났다.

피폭이 가장 높은 높았을 것으로 예상된 O씨는 전신이 붉게 달아 있었고 발열(38.5℃)과 땀을 흘리고 있었다. 또 혈압저하가 관찰되었다. S씨도 역시 전신이 붉게 달아 있었고 발열과 땀을 흘리고 있었다. 두 사람 모두 기진해 있었으며 구역질과 구토를 하였고 혼자 힘으로 보행이 불가능한 상태였다. Y씨는 혼자서 긴급의료시설로 들어왔다. 혈압저하와 땀흘림이 심해 주사량을 늘리고 산소흡입을 개시하였다. 이 시점에서는 우라늄의 내부피폭을 의심하였기 때문에 탄산수소나트륨 투여주사를 하였다. 이것은 우라늄 화합물이 신장의 요도세관에 침착하여 신부전을 일으키는 것을 막기 위함이다. 주사량을 올려도 혈압이 회복될 것 같지 않아 부신피질 호르몬을 정맥투여 하였다. 이들 일련의 작업에 40분 가량 걸렸을 것이다. 다음에 문제가 된 것은 환자를 어느 병실에 수용하는가였다. 긴급피폭 의료시설에는 오염환자용 침대가 4개가 있었으나 신규병동으로부터 떨어져 있어 간호나 검사에는 불편하였다. Na-24에 의한 방사화가 주요 원인이라면 병실의 오염관리는 용이하다.

그래서 신규병원동의 무균실 바닥을 간단히 정리하고 그곳에 수용하기로 하였다.

4. 초기 치료방침의 결정

피폭선량에 따라 임상증상이 나타나는 모양도 다르며, 치료방법도 또한 다르다. 표 1 및 표 2는 IAEA 와 WHO가 공동으로 출판한 Safety Reports Series No. 2로부터 인용하였다. 피폭선량에 따라 중증도가 분류되어 있고 각각의 잠복증상, 임상증상, 치료방침이 간단하게 정리되어 있다. 피폭선량에 따라 피폭당일부터 치료방침을 결정할 필요가 있다. 첫 번째로 하여야 하는 것은 초기증상으로부터 예측이다. 표 1을 참조하기 바란다. O씨는 10분 이내에 구토가 시작되고 1시간 이내에 설사를 시작하였으며 의식상실과 고열이 있었다, 이들 징후 및 증상은 8 Gy 이상의 치명적인 피폭에 해당한다. S씨는 설사는 일어나지 않았지만 1시간 이내에 구토가 시작되고 가벼운 의식장애 및 중추신경이 마비되는 증상이 있었으며 고열이 있었다. 복부증상으로부터는 4~6 Gy, 신경증상으로부터는 6 Gy 이상의 피폭으로 생각된다. 한편 Y씨는 구토가 없는 것으로부터 가벼운 피폭일 가능성이 높다.

표 1. 급성방사선 증후군의 잠복기

		급성방사선증후군(ARS)의 중증도와 급성방사선피폭선량				
		경도 (1~2 Gy)	중등도 (2~4 Gy)	중증 (4~6 Gy)	매우 중증 (6~8 Gy)	치명적(a) (> 8 Gy)
구토	발현기	2 h 이후	1~2 h 후	1 h 이내	30분 이내	10분 이내
	빈도	10~50%	70~90%	100%	100%	100%
설사		없음	없음	경도	중도	중도
	발현기	-	-	3~8h	1~3h	수분이내~1h
	빈도	-	-	<10%	>10%	거의 100%
두통		경미	경도	중등도	중도	중도
	발현기	-	-	4~24 h	3~4 h	1~2 h
	빈도	-	-	50%	80%	80~90%
의식		장해없음	장해없음	장해없음	장해가능성	의식상실 (초분 단위)
	발현기	-	-	-	-	수초~수분
	빈도	-	-	-	-	100%(>50Gy)
체온		정상	미열	발열	고열	고열
	발현기	-	1~3 h	1~2 h	<1 h	<1 h
	빈도	-	10~80%	80~100%	100%	100%
치료방침		외래	종합병원에 수용 필요에 따라 전문병원에	전문병원에서 치료	전문병원에서 치료	일시적 방편 치료 (대증요법만)

(a) 적절한 지지요법이 이루어진다면 12 Gy의 고선량 전신피폭환자라도 생명을 구할 수 있다. IAEA/WHO Safety Reports Series No. 2에서 인용

다음으로 참고한 것은 말초임파구수의 감소 정도이다. 구소련연방 과학자는 풍부한 임상증상 경험을 살려 피폭선량마다의 말초임파구수, 과립구수 및 혈소판수의 일별 변화를 도식화하여 발표하였다(그림 2, UNSCEAR 1988년 보고서 부록 G의 보완). 임파구는 방사선 감수성이 훨씬 높은 세포

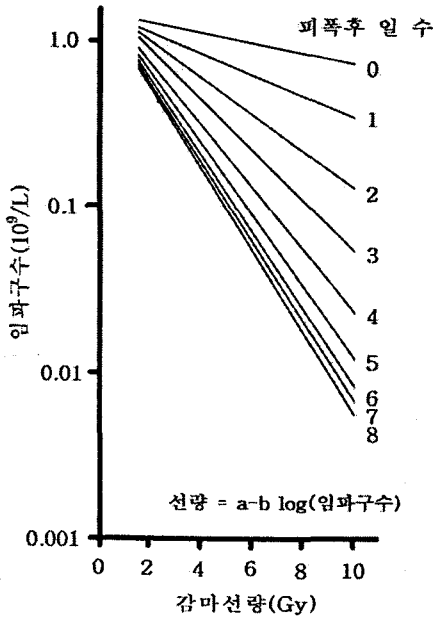


그림 2. 피폭선량과 임파구수.

로서 피폭 후에 apoptosis(세포자살)라고 불리는

세포사를 일으킨다. 임파구는 방사선뿐만 아니라 스트레스나 부신피질 스테로이드제 투여 등에 의하여도 감소한다. 그러므로 피폭당일은 복수의 요인으로 임파구 감소가 일어나고 그 수로부터 산정하는 방사선량은 과대평가가 되기 쉽다. 매일 채혈하여 임파구의 감소도를 추적함으로써 정확도를 높일 수 있다. 그러나 치료방침을 결정하는데는 과대평가에 의한 안전측면을 고려하였다. 피폭당일의 O씨 및 S씨의 임파구 수는 국립미토병원에서의 채혈, 放医研의 긴급피폭의료시설에서의 최초 채혈, 야간의 채혈에서 모두 현저하게 감소하고 있었고 그 수치로부터 예측된 선량은 그림 2의 그래프로부터 10 Gy 이상이였다. O씨의 임파구수는 채혈 때마다 급속하게 감소되어 피폭선량이 높다는 것을 알 수 있었다. Y씨의 임파구수도 감소하고 있었지만(1~3 Gy에 대응), 시간적인 변화가 없어 피폭이라고 하기보다는 다른 요인으로 저해되었다고 생각된다.

우선 이들 정보만으로 치료방침을 정할 필요가 있었다. 선량평가는 염색체 분석이 3~4일 만에 이루어진다고 생각하고 Na-24에 의한 평가도 잠정치료 가능하다고 하였다. 치료방침의 수정은 나중에라도 가능하다. 8 Gy가 넘는 전신 피폭은 표 2에서 보는 바와 같이 치사선량으로 일시적 방편의 치료가 권장되고 있다. 그러나 지금까지 대부분 피폭의 증례는 최신의 치료가 보급되어 있는 나라에서 치료된 것이 아니었다. 체르노빌 사고 이후 “피폭환자에 대한 골수이식이 급기되어서는 안되는가” 라는 논의도 많다. 放医研내에서도 골수

표 2. 급성방사선 증후군의 발병기

	급성방사선증후군(ARS)의 중증도와 급성방사선피폭선량				
	경도 (1~2 Gy)	중등도 (2~4 Gy)	중 중 (4~6 Gy)	매우 중중 (6~8 Gy)	치명적 (> 8 Gy)
증상 출현시기	> 30 d	18~28 d	8~18 d	<7 d	<3 d
임파구수($\times 10^3/\text{mm}^3$)	0.8~1.5	0.5~0.8	0.3~0.5	0.1~0.3	0~0.1
혈소판($\times 10^3/\text{mm}^3$)	60~100	30~60	25~35	15~25	<20
	10~25%	25~40%	40~80%	60~80%	80~100%(a)
임상증상	권태기 최약	발열, 감염 출혈, 쇠약 탈모	고열, 감염 출혈, 탈모	고열, 설사, 구토, 현기증, 방향감각장애, 혈압저하	고열, 설사, 의식장해
치사율	0	0~50	20~70	50~100	100
발병시기	-	6~8주 이후	4~8주 이후	1~2주 이후	1~2 주
치료방침	예방적 처치	14~20일 이후 전문 목적 예방처치 1 0~20일 이후 무균 실에 격리	7~10일 이후 전문 목적 예방처치, 입원당초부터 무 균실에 격리	피폭당일부터 전문 적 예방처치, 입원 당초부터 무균실에 격리	대처요법만

(a) 50Gy를 넘는 매우 높은 선량에 피폭된 경우는 혈구감소 전에 사망한다.

IAEA/WHO Safety Reports Series No. 2에서 인용

이식을 반대하는 의사도 있었다. 그러나 체르노빌 사고에서는 주요 조직 적합 복합체항원 HLA형이 불일치한 상태로 이식을 하였다. 또 체르노빌 사고로부터 15년이라는 세월이 지나는 사이에 의학은 진보하였다. O씨, S씨는 누군가의 조혈 간세포 이식이 필요한 선량을 받았다고 생각된다. 그래서 임파구가 없어지기 전의 피폭당일에 HLA타입 조사를 채혈을 하여 일본적십자혈액센터에 조사를 의뢰하였다. 다음날 장기이식네트워크와도 연락이 이루어져 가족의 HLA타입 조사를 각각의 주거지 근처에서 시행하도록 하였다. 또 골수이식 추진재단, 각지의 臍帶²⁾血은행 등에도 조사를 하였다. HLA 조사에 관하여는 피폭 후 3일째 시점에서 본인과 제공자후보의 결정단계에 있었다.

피폭 당일부터 해야 할 치료는 선택적 소화관 멸균(selective digestive tract decontamination : SSD)이었다. 필자는 6 Gy가 넘는 피폭에서 구멍률이 낮은 것은 소화관 장애가 일어나고 감염증 등의 합병빈도가 증가하기 때문이라고 생각하여 왔다. 동물실험에서 6 Gy가 넘는 피폭이 일어나면 소화관 점막에 가벼운 정도의 장애가 일어나고 소화관 세균이 체내로 침입하게 된다. 박테리아 위치이동(bacterial translocation)이라는 현상으로 방사선 이외에도 과도한 스트레스 등으로 세균이동이 일어나는 것이 구급의료 분야에서도 주목되고 있다. 이에 대한 예방을 위하여 비흡수성 항생물질을 조합시켜 소화관의 세균을 조기에 제거함과 동시에 G-CSF를 투여하여 호중구를 활성화시켜 점막면 등에 침입한 세균을 멸균하는 것이 유효하다. 실험적으로는 G-CSF의 투여시기가 늦어짐에 따라 구멍률이 낮아진다. 그러나 피폭당일부터 SSD를 강력하게 한다는 방법은 피폭의료에서는 일반적이지 않다. 1982년 노르웨이에서 일어난 Co-60 피폭사고에서 SSD가 이루어졌으며 급성방사선 소화관 증후군은 가벼운 정도였다. 같은 이유로 O씨와 S씨는 무균실에 수용하여 무균수, 무균식을 제공하기로 하였다(O씨는 먹을 수 없음). 이외에 감염예방으로서 광범위 항생물질을 투여하였다.

피폭당일에 이루어진 특별한 처방으로서는 펜토키시프린 600~900 mg/일(토렌탈)과 L-글루타민 0.5g/kg과 엘레멘타리 다이제스트였다. 펜토키시프린은 작년 여름에 뇌혈관장애의 치료약으로서 약효가 낮다는 이유로 구매가 취소되어 있다. 유럽

이나 러시아에서는 방사선 혈관내피장애의 치료약으로서 정착되어 있고 1993년 메릴랜드주 베데스타市에서 개최된 제2회 방사선 상해치료에 관한 합의도출회의에서도 권장되고 있는 치료법이다. 뇌혈관 장애에 이용되는 용량의 2~3 배량을 사용한다. 그래서 회수중인 메이커에 부탁하여 펜토키시프린 경구제를 입수하고 또한 주사용 제제의 긴급수입을 의뢰하였다. 현 시점에서 시약으로서 고순도의 펜토키시프린을 입수할 수 있다. 환자의 합의가 있으면 경구투여는 가능하다. L-글루타민과 엘레멘타리 다이제스트는 소화관 점막의 재생을 촉진하는 물질로서 중요하다. L-글루타민은 계약치료약으로서 사용하는 양의 20~30 배량을 투여할 필요가 있다.

5. 조혈 간세포이식

행운인 것이 O씨는 누이의 HLA가 A, B, C, DR과 계 8항원과 완전 일치하고 있고 또 臍帶血 은행에서도 A, B, DR과 계 6항원과 완전일치한 제공자가 발견되었다. 한편, S씨는 친형제에 HLA가 일치하는 자는 없었지만 臍帶血은행중에 3과 6항원중 5항원이 일치하는 제공자가 여러 명 발견되었다. 확대 긴급피폭 의료네트워크회의에서 중기적인 치료방침이 검토되었다. O씨는 피폭선량이 충분히 높기 때문에(염색체 분석으로 20 Gy 이상, 임파구수, 혈소판수, 과립구수 등의 감소폭으로부터도 10 Gy 이상) 골수이식을 하지 않으면 생존하기가 어렵다는 인식에 이의가 없었다. 단 이식골수가 적응할까 아닐까하는 논의가 있었다. HLA 완전일치의 제공자가 여럿 있는 상태에서 어느 이식법을 채택할지를 논의하였다. 골수이식은 제공자에게 설명이나 준비에 시간이 걸려 이 경우 제외하기로 하였다. 누이의 말초혈 간세포이식과 臍帶血 수혈의 적부가 논의되었다.

말초혈 간세포이식이란 제공자에 3~5일간 G-CSF를 주사하여 조혈 간세포를 말초혈액중에 동원하여 놓고 임파구와 조혈 간세포의 분획을 성분수혈용 채혈장치로 모아 이것을 환자에 주사하는 기법이다. 일반적으로 말초혈관 세포이식후에는 골수이식과 같은 정도의 빈도·중증도로 급성移植片對宿主病(GVHD)이라는 합병증이 일어난다. 말초혈 간세포이식은 골수이식보다 만성 GVHD의

2) 臍帶 : umbilical cord

합병빈도가 높다고 한다. 말초 간세포이식의 장점은 골수의 회복이 다른 방법에 비하여 빠르고 이식 10일 전후에 골수의 회복을 기대할 수 있다. 한편, 臍帶血 수혈이란 臍帶血에 포함되어 있는 태아유래의 조혈 간세포를 수혈하는 방법이다. 골수이식에 비교하여 GVHD의 빈도는 반감하고 GVHD의 重症度도 가볍다. 臍帶血 수혈의 단점은 이식할 수 있는 조혈간세포수가 적고(臍帶血의 절대량이 적다) 이식후 골수회복까지 3~5주 걸리는 것이다. 말초혈 간세포이식에서는 항암제투여를 포함한 강력한 GVHD예방책이 필수이고 臍帶血 수혈에서는 보다 완만한 GVHD예방책으로도 충분하다는 것이다. 결국 긴급피폭 의료네트워크에서는 O씨에 관하여 어느 방법이 좋은가의 결론을 내릴 수 없어 동경대로 옮기고 나서 이식전문의의 검토를 받기로 하였다.

S씨는 시간이 지남에 따라 골수의 피폭선량이 당초 임파구수로부터 예상한 10 Gy 이상은 아닌 것으로 판명되었다. 염색체 분석에서는 7.8 Gy, 며칠 지난 후의 임파구 감소커브로부터는 6~8 Gy, 혈소판 감소곡선으로부터는 6 Gy이었다. 이 정도의 피폭이라면 G-CSF 등의 사이토카인 요법으로 자가골수의 회복을 기대할 수 있다. 긴급피폭 의료네트워크회의에서 논의되었던 점은 「선량평가에는 폭이 있어 안전측면에서의 치료방침이 필요」, 「臍帶血 수혈은 GVHD의 합병이 낮고 또 그 중증도도 낮으므로 자가골수가 채유할 때까지의 「막간의 치료」로서 유효하지는 않을까 어쩌면 자가골수와 臍帶血 유래 간세포의 혼합 chimera (이조직의 공생관계)상태가 된다고 생각되지만 이것은 GVHD예방도 되어 보다 좋은 것이 아닌가?」라는 것이었다. 예외적으로 세포수가 많은 臍帶血 제공자가 있었던 것도 이식을 결단하는 계기가 되었다.

6. 그 후의 경과

처음에 기술한 바와 같이 放医研은 방사선 전문 병원으로 보통은 화학요법조차 하고 있지 않다. O씨는 방사선 피부염과 근육염 때문에 오른쪽 앞팔이 부스럼으로 부풀어 근육막의 절개가 필요할 정도로 중증이었다(이 앞 팔은 그 후 피사로 빠졌다). 또 전신의 부종, 폐부종, 설사가 진행되고 전

해질 균형과 血流動態의 高度制御가 불가피하였다. 그래서 O씨는 동경대 구급부도 병원을 옮기고 intensive care unit(ICU, 중환자실)안에 무균실을 설치하고 이식치료를 받아들이기로 하였다. 피폭 단일부위의 치료방침이 좋았기 때문인지 고선량에 피폭하였음에도 전 경과중 명확한 세균감염이나 전형적인 급성소화관중후군을 일어나지 않았다. 말초 간세포이식은 성공하고 이식 후 10일째에는 과립구수가 1,000을 넘었다. 조기의 백혈구 회복은 감염대체상 유효하였다. 그러나 혈소판은 최후까지 회복되지 않았다. 경과중 확실하게 GVHD라고 진단할 수 있는 병태는 없었지만 방사선상해와 GVHD 또는 GVHD 예방약에 의한 미세혈관 장애(micro-angiopathy)는 유사한 증상을 보이기 때문에 분간이 어려운 것도 사실이다. 또한 메소트레 키세트가 방사선 중후군을 어떻게 수식(修飾)하였는가는 앞으로 동물실험을 포함하여 충분히 검토할 필요가 있을 것이다. 말초혈간세포이식을 한다면 간세포의 포지티브 셀렉션과 T세포의 네거티브 셀렉션을 조합시킬 필요가 있다는 것을 느꼈다.

S씨는 동경대 의과학연구소에서 臍帶血 수혈을 받았다. 이식 10일째 경부터 서서히 백혈구수가 증가하기 시작하여 이식 후 16일째에는 말초 과립구수가 1,000을 넘었다. 또 11월에 들어서 혈소판의 회복도 보였다. 이러한 조기 회복에는 이식한 臍帶血 간세포가 많아진 것에 더하여 G-CSF 이외에 EPO와 TPO의 병용이 기여하였다. 또 자가골수 회복도 기여하였다. 염색체에서 제공자와 환자의 비율을 조사하여 보면 환자 유래가 50~70%, 제공자 유래가 30~50%이었다. 그 후 2개월에 걸쳐 서서히 기부자 유래의 세포가 소실되었다. 그러나 명확한 GVHD를 일으키지 않은 것으로 혼합 키메라상태에서 「막간의 치료」를 기도한 당초의 목적은 달성하였다고 생각된다.

O씨, S씨 모두 피폭후 2~4주부터 선량이 높았던 부위부터 시작하여 피부의 수포형성이 이루어져 眞皮가 노출되는 상태로 되었다. 또 O씨의 경우는 아급성 소화관 상해(방사선 장염, GVHD 또는 면역억제제에 의한 micro-angiopathy?)가 시작되어 수액관리가 어렵게 되었다. 동경대에서도 放医研에서도 매일 증례검토회의를 하고 ICU 의사와 이식전문의를 중심으로 피폭의료전문가, 피부과, 소화기내과, 방사선과, 정신과 등 종합적인 진료를 하였다. 그 비용이나 기울여진 그 막대한

열성에 감사 드린다. 유감스럽게 O씨는 치료중 심장정지 및 여러 장기부전이 진행되어 12월 21일에 사망하였다. S씨는 아직 입원 중에 있지만 남아 있던 피부가 동전 모양, 반점모양으로 재생되고 재생이 안된 부위에는 배양 상피이식과 같은 종류

의 피부이식으로 방사선 열상은 경감되고 있다. 마지막으로 Y씨는 放医研에서 관찰하고 있는데 피폭 4주 후에 골수 억제 피크가 나타났다. 이 시기에 무균실에 수용하여 혈소판 수혈, G-CSF, 항생제 예방투여로 극복하여 현재는 퇴원한 상태다.