

Den kärntekniska olyckan i Japan 1999

KAMEDO-rapport 78

Socialstyrelsen klassificerar sin utgivning i olika dokumenttyper. Detta är ett *Underlag från experter*. Det innebär att det bygger på vetenskap och/eller beprövad erfarenhet som tas fram av huvudsakligen externa experter på uppdrag av Socialstyrelsen. Experternas material kan ge underlag till myndighetens ställningstaganden. Författarna svarar själva för innehåll och slutsatser. Socialstyrelsen drar inga egna slutsatser.

Katastrofmedicinska organisationskommittén, KAMEDO, har funnits sedan 1964. Den startade sin verksamhet inom ramen för Försvarsmedicinska forskningsdelegationen. År 1974 överfördes KAMEDO till Försvarets Forskningsanstalt (FOA). Sedan 1988 är KAMEDO knuten till Socialstyrelsen.

KAMEDO:s huvudsakliga uppgift är att skicka sakkunniga observatörer till platser runtom i världen som drabbats av stora olyckor och katastrofer. Observatörerna sänds ut med kort varsel för att samla in relevant information genom att kontakta läkare och andra berörda personer. Den information de samlar in används endast i vetenskapligt syfte. Det är främst de medicinska, psykologiska, organisatoriska och sociala aspekterna på katastrofer som studeras.

Resultaten publiceras i KAMEDO-rapporter som finns förtecknade på Socialstyrelsens webbplats <http://www.sos.se>. Från och med nummer 74 finns rapporten utlagd i sin helhet, för tidigare rapporter endast en sammanfattning. Från och med rapport 34 översätts sammanfattningen till engelska och fr.o.m. rapport 55 publiceras översättningen endast på webbplatsen.

De allmänna riktlinjerna för KAMEDO:s verksamhet fastställs av en kommitté som sammanträder två till tre gånger per år. Det löpande arbetet sköts huvudsakligen av de två vetenskapliga sekreterarna som är knutna till KAMEDO på konsultbasis.

KAMEDO:s ordförande är professor *Bertil Hamberger*, Karolinska Institutet, Stockholm, och de två sekreterarna är *Louis Riddez*, överläkare vid kirurgiska kliniken, Karolinska sjukhuset, Stockholm, och *Helge Brändström*, överläkare, anesthesi- och intensivvårdskliniken, Akut- och katastrofmedicinskt centrum, Norrlands Universitetssjukhus, Umeå.

Övriga medlemmar är representanter från Akademiska sjukhuset i Uppsala, Prehospitalt och katastrofmedicinskt centrum i Västra Götalandsregionen, Försvarshögskolan (Crismart), Högkvarteret vid Försvarsmakten, Rikspolisstyrelsen, Socialstyrelsen, Stockholms Brandförsvär och Stockholms läns landsting.

ISBN 91-7201-809-7
Artikelnr 2003-123-22

Omslag: Kajsa Mulder
Sättning: Per-Erik Engström
Tryck: Bergslagens Grafiska, Lindesberg, november 2003

Förord

Olyckor med radioaktiva utsläpp, främst från kärnkraftverk, är idag den typ av olyckor som man i västvärlden ofta diskuterar och oroas över. Kärnkraftens fördelar och risker debatteras fortfarande intensivt medan problem och risker med den övriga hanteringen av radioaktiva ämnen i samhället är mindre kända. Emellertid har man de senaste åren blivit alltmer uppmärksam på hur hantering av radioaktiva ämnen, även i liten skala, kan leda till allvarliga olyckor. Det gäller inte minst om dessa ämnen även skulle kunna användas i terrrorsyfte.

Strålningsolyckor som fått medicinska konsekvenser av betydelse har under den senaste femtioårsperioden kunnat beräknas till ungefär ett tjugotal per år. En sådan olycka inträffade 1999 vid kärnbränsleanläggningen i Tokaimura, Japan. Denna begränsade kärntekniska olycka var därför av flera skäl intressant att studera även ur svensk synvinkel. Olyckan medförde, trots långvarig avancerad medicinsk behandling, två arbetares död medan en tredje överlevde.

I denna KAMEDO-rapport av överläkare Siegfried Joussineau, Centrum för strålningsmedicin, Karolinska sjukhuset, beskrivs olyckans händelseförlopp och de allvarliga medicinska effekter strålningen orsakade. Den avancerade medicinska behandlingen presenteras, liksom de erfarenheter och framsteg som uppnåtts när det gäller omhändertagande av strål-skadade. Värdefull information har kunnat inhämtas från behandlande läkare i Japan och från japanska strålskyddsinstitutet (NIRS).

Per Kulling
Enhetschef
Enheten för krisberedskap

Författare

Siegfried Joussineau, överläkare vid Centrum för Strålningsmedicin, Karolinska sjukhuset.

Redaktör

Louis Riddez, vetenskaplig sekreterare i KAMEDO, överläkare, kirurgiska kliniken, Karolinska sjukhuset, Stockholm.

Faktagranskning

Professor Rolf Lewensohn och docent Leif Stenke vid Centrum för Strålningsmedicin, Karolinska sjukhuset.

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	7
Observatörernas slutsatser	8
Olyckans bakgrund	10
Tidigare olyckor	10
Skadegrupper	11
Olycksförloppet	12
Påverkan på miljön	13
Påverkan på människorna	14
De tre allvarligast strålskadade	14
Företagets och myndigheternas agerande	16
Företaget	16
Myndigheterna	16
Det medicinska omhändertagandet	18
Från läns- till specialistsjukhus	18
De första symtomen	19
Kliniska tecken	20
Undersökningar av stråldosen	21
Fullständig blodundersökning	22
Sjukdomsförlopp och behandling	23
Arbetare A	23
Arbetare B	25
Arbetare C	26
Omhändertagandet i övrigt	28
Medicinsk behandling	28
Kontroller av befolkningen	28
Psykosocialt omhändertagande	29
Viktiga erfarenheter	30
Företagsnivån	30

Sjukhusnivån	30
Myndighetsnivån	31
Referenser	32
Muntliga källor	32
Skriftliga källor	32
Bilagor	
1. Strålmedicinsk organisation i Japan	33
2. Kromosomanalyser	34

Sammanfattning

Den 30 september 1999 inträffade en kärnteknisk olycka i en kärnbränsleanläggning vid JCO Company LTD i Tokaimura, 120 km nordost om Tokyo. Olyckan, som skedde under framställning av anrikat uran, orsakade stor internationell uppmärksamhet och intensivbevakades i massmedia. Förutom de rent kärntekniska räddnings- och sjukvårdsproblemen uppstod också informationsproblem vilket bl.a. belyses i ett tidigt pressmeddelande från Statens strålskyddsinstitut.

Olyckan orsakades av att två arbetare, A och B, i strid med gällande säkerhetsföreskrifter hällde en höganrikad uranyl-nitratlösning från en hink direkt ner i ett precipitationskärlet med höganrikad lösning. En kritisk situation uppstod i precipitationskärlet med en nukleär fissionsreaktion (kärnklyvningsreaktion) som följde. Gamma- och neutronstrålning utvecklades och de två arbetarna utsattes för höga stråldoser. En tredje arbetare, C, som satt i ett angränsande rum utsattes också. De tre togs först om hand på det lokala sjukhuset där de fick första hjälpen. På sjukhuset hade man svårt att avgöra vad för typ av olycka det rörde sig om och vilka stråldoser de skadade hade utsatts för.

De strålskadade överfördes tidigt till sjukhuset National Institute of Radiological Sciences (NIRS) i Chiba. Där kunde man först efter komplicerade fysikaliska och biologiska stråldosmätningar uppskatta de absorberade stråldoserna. För patient A uppmättes 24,5 Gy, för patient B 8,3 Gy och för patient C 3,9 Gy (se rutan s. 10).

De skadade fick avancerad multidisciplinär medicinsk intensivvård, som inkluderade de internationellt sett modernaste behandlingsprinciperna inom respektive specialistområde. De två strålskadade A och B som utsatts för de högre stråldoserna blev snabbt illamående med kräkningar. De uppvisade tidigt tecken på påverkan på blod och blodbildande organ, vilka kunde behandlas med stamcellstransplantationer. Däremot var man mindre framgångsrik i behandlingen av komplikationerna på hud och slemhinnor i mag-tarmkanalen och luftvägarna som uppstod senare. Efter lång tids intensivvårdsbehandling avled de två arbetarna i multi-organ-svikt. Hos arbetare C noterades benmargssvikt med transfusionsbehov, men han återhämtade sig utan några kliniska tecken på bestående men.

Utöver de tre direkt inblandade arbetarna utsattes 229 personer inne på fabriksområdet, räddningstjänst- och sjukvårdspersonal och den skyddstekniska insatsstyrkan för måttligare stråldoser (0,07–48 mSv). Även befolkningen på 207 personer som bodde inom en radie av 350 m från fabriken exponerades för lägre stråldoser (0,01–21 mSv). Olyckan fick

omedelbara konsekvenser för invånarna i samhället Tokaimura. De lokala myndigheterna utrymde närområdet inom en radie på 350 m från fabriken. Den regionala myndigheten på länsnivå rekommenderade befolkningen inom en radie på 10 km att stanna inomhus. Skolor och butiker stängdes också inom detta område. Cirka 310 000 personer påverkades således direkt av olyckan. Den kärnskyddstekniska handläggningen av olyckan tog tid. Inte förrän dagen därpå hade man lyckats stoppa den s.k. kriticitetsreaktionen så att strålningen upphörde.

Olyckan i Tokaimura fick stor uppmärksamhet även internationellt. I informationsflödet förekom en del missuppfattningar, såsom att det rörde sig om större radioaktiva utsläpp från en kärnreaktor av typ Tjernobyl. Detta understryker hur viktigt det är med korrekt och adekvat information.

Observatörernas slutsatser

- Dosimetrar bör finnas utplacerade i riskzoner i händelse av strålningsolycka.
- Det är absolut nödvändigt att ha genomarbetade och inövade katastrofplaner för strålningsolyckor.
- Personal från företag som hanterar radioaktiva ämnen bör ha skyddsklädsel för att kunna ge första hjälpen och följa med eventuellt strål-skadade till sjukhus för att informera om vad som hänt och om absorberad stråldos.
- Räddningspersonal som förväntas agera i första ledet behöver specialutbildning och skyddsdräkter.
- Det är viktigt för behandling och prognos att man tidigt kan bedöma absorberad stråldos. Det kräver komplicerad laboratorieteknik som bör finnas på speciellt utvalda sjukhus där fortsatt behandling också bör kunna ges.
- Tidiga tecken på att någon har utsatts för hög stråldos kan vara medvetslöshet, illamående, kräkningar och diarréer.
- Det s.k. hematologiska strålningssyndromet, med blod- och benmärgspåverkan, kan idag, inom vissa dosintervall, behandlas framgångsrikt med s.k. stamcellstransplantation och tillväxtfaktorer. Vid ännu högre doser inträffar svåra skador av multi-organkaraktär på bl.a. mag-tarmkanalens slemhinnor, hud, blodkärl och nervvävnad. För denna typ av skador saknas idag effektiv terapi.
- Misstanke om att någon utsatts för strålning bör leda till beräkning av absorberad stråldos och fortsatt observation på sjukhus.

- Den psykologiska påfrestningen på de strålskadade och på befolkningen i närheten av ett radioaktivt utsläpp är sannolikt större än vid andra typer av olyckor. Det är därför viktigt att det psykosociala omhändertagandet sätts in i ett tidigt skede.
- Vid olyckor med radioaktiva ämnen är det ytterst viktigt att allmänheten via massmedia får en så korrekt information som möjligt. De som informerar bör ha specialkunskap inom strålningsområdet och goda språkkunskaper.

Olyckans bakgrund

Tidigare olyckor

Allvarliga strålningsolyckor med akuta strålskador eller dödsfall har förekommit sedan man upptäckte röntgenstrålning och radioaktivitet i slutet av 1800-talet. År 1936 restes i Hamburg en minnessten över 168 ”martyrer” som avlidit till följd av strålningsskador. Dessa tidiga erfarenheter resulterade successivt i allt strängare krav på strålskydd. Väsentliga teoretiska och experimentella insatser gjordes från 1920-talet och framåt för att definiera och mäta strålskador. Ledande inom detta arbete var bl.a. svensken Rolf Sievert.

Kriticetsolyckor, är relativt sällsynta. Under perioden 1945 till 2000 registrerades ett 60-tal sådana olyckor, varav 23 med mer än en skadad och tillräckligt hög dos för att ge kliniska benmärgsskador. I samband med dessa olyckor inträffade 18 dödsfall.

Begrepp och förkortningar

Kriticitet: Det tillstånd då en kärnreaktor eller annan anordning som innehåller kärnbränsle kan upprätthålla en kedjereaktion av kärnklyvningar. Det bildas då lika många neutroner ur klyvningen av t.ex. uran som det försvinner genom absorption och läckage ut ur systemet. Den minsta mängd kärnbränsle som fordras för att nå kriticitet kallas kritisk massa. Absorberad dos mäts i Gray = 1Gy = 1 joule/kg

Ekvivalentdos: En storhet som tar hänsyn till att olika slags joniserande strålning har olika biologiska effekter. Ekvivalentdos mäts i sievert (Sv), 1 Sv = 1 joule/kg

G-CSF: Granulocyt kolonistimulerande faktor.

Kutana strålningssyndromet: Hudskador orsakade av joniserande strålning. Hudens celler och kärlförsörjningen är skadad med dålig läkning som följd. Ofta förekommer kronisk inflammation i det skadade området. Ej sällan förekommer även infektioner och en fibrotisering (bindvävsbildning).

Skadegrupper

En betydande strålningsolycka har enligt Mettler inträffat när minst en individ exponerats för en:

- helkroppsdos på minst 0,25 Sv
- huddos på minst 6 Sv
- absorberad dos på minst 0,75 Sv från en extern strålkälla till andra vävnader eller organ
- internkontamination som är lika med eller större än halva "maximum permissible body burden" (MPBB), såsom den definierats av den Internationella Kommissionen för Radiologisk Protektion (ICRP).

Grupper av strålskadade (Mettler, 1990).

Grupp	Klinisk bild (utan behandling)	Ungefärlig dos (Sv) = GyEkv	Klinisk klassificering
I	Huvudsakligen utan symptom	1,5	
II	Lindrig form av ARS ¹ . Övergående illamående och kräkningar. Vissa laboratoriefynd visar kliniska tecken på hematopoetiska förändringar (förändringar i blodbilden)	4	Hematopoetisk
III	Förloppet innebär främst allvarliga hematopoetiska förändringar men i övre dosområdet vissa tecken på gastroenterologisk skada (förändringar i mag-tarmkanalen)	4–6	Hematopoetisk
IV	En allvarlig variant av ARS. Gastroenterologiska komplikationer dominerar bilden. Graden av bemästrade hematopoetiska komplikationer avgör överlevnadstid efter exponeringen	6–15	Gastroenterologiska
V	Ett våldsamt förlopp med markant kardiovaskulära (hjärta och kärl) och/eller CNS-skador (hjärna, nerver)	>50	Neurovaskulär, kardiovaskulär, cerebral

1Akut strålningssyndrom eller Acute Radiation Syndrome (ARS).

Med dessa kriterier som utgångspunkt har det den senaste femtioårsperioden årligen inträffat cirka 20 betydande strålningsolyckor världen över. Omkring 10–15 procent av dessa olyckor har inträffat i USA. Trots den relativt höga olycksfrekvensen har antalet dödsfall stannat på i genomsnitt 2 per år under den senaste femtioårsperioden.

Olycksförloppet

Den aktuella olyckan ägde rum vid företaget JCO Company Ltds uranbränslefabrik i Tokaimura i Japan, cirka 120 km nordost om Tokyo. Företaget hade sedan 1984 tillstånd att framställa uranyl-nitratlösning med en anrikningsgrad under 20 procent.

I september 1999 hade man påbörjat framställningen av 160 l uranyl-nitratlösning med en U-235 koncentration mindre än 80 g uran per liter och en anrikning på 18,8 procent. Tillverkningen av uranyl-nitratlösningen utfördes av tre arbetare A, B och C, där C var förman. Enligt den föreskrivna och godkända processen skulle arbetarna lösa uranpulver med salpetersyra, HNO_3 , i en speciell lösningstank med inbyggda säkerhetsfunktioner. Men istället för att använda den godkända metoden löste de uranpulvret i en rostfri tiolitershink, helt i strid med gällande bestämmelser.

Dessutom framställde de 7 tiolitersbehållare med uran som de hällde direkt i en s.k. precipitationstank avsedd för en behållare med 2,4 kg uran. Även detta stred mot gällande bestämmelser. De hällde lösningen med hjälp av en femliterskanna och en tratt. Arbetarna A och B gjorde detta medan förmannen C var i ett angränsande rum.

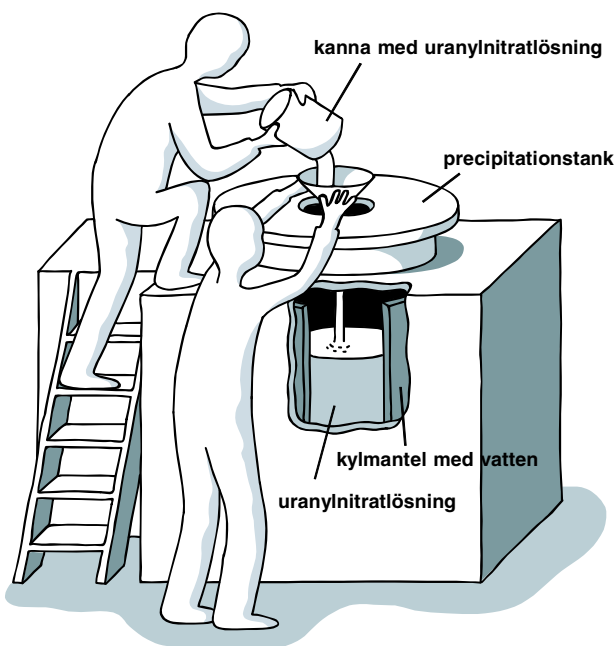


Bild 1. Arbetarna hällde i nästan sju gånger så mycket uran i tanken som den var avsedd för. Även sättet de hade blandat till uranbränslet på stred mot föreskrifterna.

Teckning: Claes Stridsberg.

Den 29 september tömdes 4 behållare i precipitationstanken. Dagen efter, den 30 september, tömdes ytterligare 3 behållare i tanken. När den 7:e behållaren hållts i fanns det totalt cirka 16,6 kg uran med 18,8 procent anrikning i tanken, som var avsedd för 2,4 kg uran. En kritisk massa och kriticitet uppstod. Kl. 10.35 inträffade en initial kaskad av nukleära fissionsreaktioner och joniserande gamma- och neutronstrålning utsändes.

Den joniserande strålningen träffade A och B direkt, och även C i det angränsande rummet, med akuta strålskador som följde. Gammastrålningsdetektorerna på fabriksområdet utlöste alarm. De tre arbetarna utrymde arbetslokalen. De undsattes av ambulansgruppen vid staden Tokaimuras räddningstjänst. De fick första hjälpen inne på fabriksområdet i strålningsfältet. Efter de första minuternas häftiga fissionsreaktion minskade intensiteten, ett tillstånd som kallas kvasi steady-state. Denna fissionsreaktion pågick i cirka 20 timmar.

Först kl. 02.30 den 1 oktober försökte man tömma precipitationstankens kylmantel då vattnet i manteln fungerade som en neutronreflexor och således underhöll fissionsreaktionen. Tömningen minskade neutronstrålningen och kl. 06.15 den 1 oktober blåste man in argongas i manteln för att tränga ut resterande vattenrester. Sedan avklingade fissionsreaktionen ytterligare. Borsyralösning tillfördes i tanken för att stabilisera lösningen. Klockan 09.20 bekräftades att det kritiska tillståndet upphört och att fissionsreaktionerna avstannat.

Olyckan hade orsakats av undermåliga säkerhetsrutiner, bristande kontroll och uppföljning av produktionsrutinerna, bristande utbildning hos personalen samt slutligen ”den mänskliga faktorn”.

Påverkan på miljön

Medan kärnreaktionen pågick påverkades omgivningen av radioaktivt material och joniserande strålning på två sätt. Dels frigjordes radioaktivt material som producerades under fissionsprocessen från tanken och släpptes ut i luften. Detta material utgjordes huvudsakligen av jod och radioaktiva ädelgaser, till stor del kortlivade isotoper med liten påverkan på omgivningen.

Enligt beräkningar gav dessa radioaktiva ämnen ett dostillskott på högst 0,1 mSv i anläggningens närhet. Dels genererades joniserande strålning i tanken och trängde ut genom byggnadens väggar och tak i form av gamma- och neutronstrålning. Denna strålning påverkade personalen i fabriken, i räddningstjänsten, i sjukvården och i den strålskyddstekniska insatsstyrkan som fick arbeta vid olycksplatsen. Dessutom påverkades de kringboende inom en radie på 350 meter i fabriken närområde.

Mätningar av den joniserande strålningen kom snabbt igång. Vid anläggningens gräns uppgick gammastrålningen till 0,84 mSv per timme. Neutrontosraten var 4 mSv per timme 100 m från olycksbyggnaden och

0,02 mSv per timme 500 m därifrån. Neutronstrålning kunde uppmätas ända upp till 2 km från olycksplatsen. Neutronstrålningsövervakningen kom dock inte igång förrän efter flera timmar.

Kommentar: Dosimetrar bör finnas utplacerade i riskzoner i händelse av olycka.

Påverkan på människorna

De cirka 200 personer som bodde inom ett avstånd på 350 m från fabriken beräknas ha fått en stråldos på mellan 0,01–21 mSv innan de utrymdes. Huvuddelen av dem beräknas ha fått en dos på under 5 mSv.

Anställda vid JCO

Dosberäkningarna baseras dels på dosimeteravläsningar, dels på uppskattade doser då alla anställda inte hade dosimeter på sig. Totalt 172 arbetare beräknades ha fått stråldoser på mellan 0,01–48 mSv. Ytterligare 3 personer från Räddningstjänsten och ambulanspersonal som deltog i det akuta omhändertagandet av de 3 arbetarna A, B och C beräknades ha fått doser under 50 mSv. De 57 personer från den statliga nationella strålskyddsmyndigheten som stoppade den kritiska reaktionen hade dosimetrar på sig för både gamma- och neutronstrålning. Deras doser låg mellan 5–9,5 mSv.

Kommentar: Räddningspersonal som förväntas agera i första ledet behöver specialutbildning och skyddsdräkter.

De tre allvarligast strålskadade

A och B hade arbetat nära tanken med den kritiska lösningen. De uppfattade ett blått ljus när fissionsreaktionen startade och fick omedelbart mycket höga stråldoser. C som befann sig i det intilliggande rummet cirka 4,5 m bort fick således en lägre stråldos. Eftersom arbetarna saknade dosimetrar fick man beräkna stråldoserna senare på sjukhus.

Uppgifterna om de mest utsatta personerna var inledningsvis ganska motstridiga. Från medicinsk synpunkt är den första dosbedömningen mycket viktig eftersom det snabbt gäller att bedöma vilken behandling respektive patient bör ha. Om dosimetrar saknats, som i detta fall, måste man de första timmarna/dygnen utgå från symtom och eventuella beräkningar som bygger på antaganden.



Bild 2. Med en dosmätare för hela kroppen på specialistsjukhuset NIRS beräknades i efterhand vilka stråldoser arbetarna hade utsatts för.

Foto: Siegfried Joussineau

Företagets och myndigheternas agerande

Företaget

Olyckan inträffade den 30 september klockan 10.35. Åtta minuter senare larmade företaget JCO Tokaimuras brandstation och rekviderade ambulans för de 3 strålskadade arbetarna. Efter 11 minuter var räddningstjänsten och ambulansen på plats. Brandstationen kontaktade under tiden det japanska strålskyddsinstitutet, National Institute of Radiological Sciences (NIRS), i Chiba, nära Tokyo. Frågan var om de skadade skulle föras direkt till NIRS specialistsjukhus för strålningsmedicin på samma ort, eftersom det var fråga om en radiologisk olycka.

Divisionschefen för strålningsmedicin vid NIRS hade som beslutsunderlag de uppgifter han fått per telefon om de skadades tillstånd. Han beslutade att de skulle föras till det närbelägna nationella länssjukhuset i Mito eftersom de hade behov av ett akut kvalificerat omhändertagande. Länssjukhuset i Mito ingår i det nätverk av länssjukhus i Japan som är förberedda för att ta hand om strålningsmedicinska skadefall (se bilaga 1). De 3 skadade arbetarna transporterades därför till Mitosjukhuset dit de anlände kl. 12.07. Företaget JCO evakuerade också inom en dryg timme all personal som inte behövdes i räddningsarbetet. Företaget anmälde olyckan till Japans "kärnkraftsinspektion", Science and Technology Agency, kl. 11.19 och till kommunstyrelsen i Tokaimura kl. 11.34.

Kommentar: Det är helt nödvändigt att ha genomarbetade och intränade katastrofplaner.

Myndigheterna

Borgmästaren i Tokaimura beordrade att ett område inom 350 meters radie från anläggningen skulle utrymmas. Den japanska kärnkraftsinspektionen gav direktiv till sitt lokalkontor i den närbelägna staden Mito att påbörja strålningsmätningar i Tokaimuras omgivning. Mätningarna påbörjades kl. 14.00. Samtidigt fick den nationella kärnsäkerhetskommissionen rapport om olyckan. Den japanska regeringen etablerade ett högkvarter för olyckans räddningsledning. Vid 17-tiden hade 86 personer evakuerats under måttlig panik och förvirring. Den sista personen evakuerades kl. 20.10. Det totala antalet evakuerade inom 350 meters radie från anläggningen var då 161 personer.

Klockan 17.05 kom första rapporten om mätning av neutronsalthalter vid anläggningens gränser. Mätningen visade att kärnreaktionen fortgick i något slags jämviktsliknande tillstånd. Ett sammanträde på regeringsnivå med premiärministern, tekniska experter och andra ägde rum kl. 21.00 för att besluta om vidare direktiv för allmänheten. Klockan 22.30 uppmanade den lokale guvernören närboende inom 10 kilometers radie att stanna inomhus. En förhöjd strålnivå, något utöver den naturliga bakgrundsstrålningen, uppmättes på 7 kilometers avstånd från olycksplatsen. De närboende fick också direktiv om att inte använda regnvatten som dricksvatten.

Den 1 oktober kl. 01.30 beordrade den lokale guvernören att skolor och affärer inom 10 km radie från anläggningen skulle stängas. Han rekommenderade också människor att inte besöka de lokala sjukhusen i onödan. De skulle också undvika att äta de lokala grödorna.

Sedan man kl. 09.20 den 1 oktober lyckats tömma ut kylarvattnet runt precipitationskärlet avbröts i stort sett kärnreaktionen omgående. Neutronsalthalten föll då under detekterbar nivå. Därefter kontrollerade man lokala vattenförråd och jordbruksprodukter för att förvissa allmänheten om att det gick äta och dricka som vanligt. De påkallade restriktionerna inom Tokaimuraområdet hävdades på förmiddagen den 1 oktober. Japans premiärminister åt då en rejäl måltid baserad på mat från Tokaimuras näromgivning. Han försäkrade att maten var delikat och ofarlig. En bild på premiärministern ätandes en färgstark efterrätt nådde bl.a. ut på internet via CNN.

Ungefär samtidigt upprättade man informationskanaler för hälsorådgivare och speciella telefonlinjer för gravida, småbarnsföräldrar m.fl. En särskild informationsinsats riktades till lärare. En pamflett med strålningsinformation om olyckan trycktes upp i en miljon exemplar som distribuerades till samtliga hushåll i Ibarakiprefekturen. Olyckan hade rönt stor uppmärksamhet inte bara i Japan utan i hela världen. I Sverige fick Statens strålskyddsinstitut frågor bl.a. om det var riskabelt att åka till Japan eller om det fanns risker för befolkningen i Sverige. Olyckshändelsen hade således skapat ett omfattande informationsbehov över hela världen.

Kommentar: Det är mycket viktigt att man har regelbundna presskonferenser med informationspersonal som har specialkunskap inom strålningsområdet och som har goda språkkunskaper.

Det medicinska omhändertagandet

Från läns- till specialistsjukhus

De tre svårt strålskadade arbetarna A, B och C anlände med ambulans till Mitosjukhuset kl. 12.07, cirka 1 timme efter olyckan. Där påbörjades det första kvalificerade medicinska omhändertagandet. Det medicinska arbetet försvårades emellertid av bristen på information om olyckshändelsen och patienterna. Varken företaget JCO eller räddningsledningen i Tokaimura hade meddelat sjukhuset om vilken typ av olycka som inträffat, strålningsexponering eller eventuell kontaminering. Det följde inte heller med någon strålskyddspersonal från JCO som kunde ha informerat om vad som inträffat och hjälpt till när patienterna undersöktes på sjukhuset.

Patienterna undersöktes med gammadetektorer varvid man fann en förhöjd stråldos. Kliniska prover visade leukocytos och lymfocytopeni, typiska tecken på högre stråldoser. Man drog då slutsatsen att patienterna var svårt kontaminerade med radioaktivt material. På Mitosjukhuset bedömde man då att det var bäst att överföra patienterna till NIRS-sjukhuset i Chiba för vidare vård och vidtog enbart stabiliserande åtgärder. Någon



Bild 3. Transport av strålskadad patient från länssjukhuset till specialistsjukhus. Lagg märke till sjukvårdspersonalens skyddsutrustning.

Foto: Makato Akashi.

fullständig sanering gjordes inte, utan patienterna transporterades i plast-säckar för att skydda mot kontamination. Kl. 14.16 fördes de med helikopter från Mito och anlände till Chiba kl. 14.45. Därifrån fördes de med lokal ambulanstransport till NIRS-sjukhuset, dit de anlände kl. 15.25, nästan 5 timmar efter olyckan.

Kommentar: Personal från företaget JCO borde ha följt med de strålskadade till sjukhus för att kunna ge en bättre uppfattning om absorberad stråldos.

De första symtomen

Av samtal med de inblandade framkom att arbetarna, A (35 år) och B (39 år), som stått bredvid precipitationstanken, uppmanats av sin förman arbetare C (54 år) i det intilliggande rummet, att omedelbart lämna byggnaden, när olyckan inträffat. De gick till ett dekontamineringsrum i en intilliggande byggnad. Där uppvisade A symptom som illamående, kräkningar och diarré mindre än 10 minuter efter exponering. Han förlorade också medvetandet kortvarigt med toniska kramper under cirka 10 till 20 sekunder, men kom sig sedan. Han var dock matt och svag med fortsatt illamående. Han omhändertogs av ambulanspersonalen och transporterades hela tiden på bår.

Arbetare B kände initialt en pirrande känsla på halsen, bröstkorgen, armarna och händerna och känselbortfall i fingrarna. Inom en timme blev han illamående och kräktes. Han kunde emellertid med hjälp gå själv till den väntande ambulansen. Arbetare C kände illamående inom några timmar, men också han gick i början uppe. Dessa snabbt insättande och

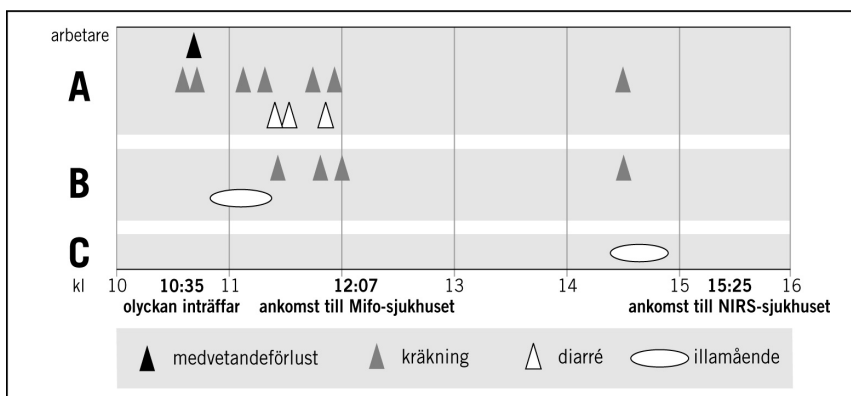


Bild 4. Förebådande sjukdomssymtom hos arbetarna A, B och C.

Förlaga: Siegfried Joussineau och Makato Akashi.

kraftiga s.k. prodromalsymtom, med medvetandeförlust, illamående, kräkningar och diarréer tydde på en hög stråldos och akut strålningssyndrom, Acute Radiation Syndrome (ARS).

Kliniska tecken

Arbetare A hade vid ankomsten till NIRS-sjukhuset cirka 5 timmar efter olyckan feber 38,5 C men utan tecken på pågående infektion. Patienten hade också lågt blodtryck med ett systoliskt blodtryck på 85 mm Hg och puls 90/min. Dessa fynd var också tecken på att han varit utsatt för en högre stråldos. Arbetare A hade också hudrodnader och var svullen i ansiktet, över bålén, underarmarna, händer och fötter vilket likaså talar för hög stråldos.

Arbetare B hade också hudrodnader (erythem) och var svullen i ansiktet, illamående, matt och kräktes samt temperatur omkring 38 C. Såväl A som B hade också svullna spottkörtlar och förhöjt amylas (enzym som bl.a. utsöndras av spottkörteln) i serum.

Arbetare C var enbart illamående och i övrigt opåverkad. Han hade en lätt diffus hudrodnad (erythem) men i övrigt normala kliniska tecken vid ankomsten till NIRS-sjukhuset, vilket tydde på en lägre stråldos än för A och B.



Bild 5. En intensivvårdsplats vid det japanska strålskyssinstitutet NIRS specialsjukhus.

Foto: Siegfried Joussineau.

Undersökningar av stråldosen

Doserna bestämdes vid NIRS i Chiba. Stråldoserna beräknades väsentligen från halten neutronaktiverat Na-23 (som då blivit Na-24) i blodprover samt från kromosomaberrationer (förändringar i kromosomer) i perifera lymfocyter (typ av vit blodkropp). Data från dessa källor vägdes samman och resulterade i följande bedömning:

A	B	C
10–20 GyEkv (17,8 GyEkv)	6,0-10,0 GyEkv (9,3 GyEkv)	1,2-4,5 GyEkv (2,6 GyEkv)

De parentetiskt angivna värdena är de bedömda absorberade doserna såsom de uppskattats på basis av Na-24 i blodproverna. Den absorberade dosen i GyEkv beräknades under antagandet av ett RBE-värde (RBE = Relative Biological Effect) på 1,7 som strålskyddsinstitutet NIRS i sin tur erhållit från tidigare erfarenheter i samband med neutronterapi vid höga akuta exponeringsnivåer. Sorten "GyEkv" kan här tolkas som Sievert (se rutan på s. 10). Förutom de fysikaliska dosberäkningarna utfördes också s.k. biologisk dosimetri.

Fysikalisk dosimetri

Som tidigare beskrivits uppfattades arbetarna som radioaktivt nedsmittade, kontaminerade, då man uppmätte aktivitet med gammadosimeter på akutmottagningen på länssjukhuset. Vid ankomsten till NIRS kvarstod misstanken om både extern och intern kontaminering. Man gav därför natriumbikarbonat för att underlätta utsöndringen av uranyl med urinen.

På kvällen den 30 september analyserades Na-24 i uppkastningarna från A och B med gammaspektrometri. Då förstod man att arbetarna hade varit utsatta för en kriticitetsolycka med neutronstrålning som aktiverat Na-23 till Na-24. De var således inte kontaminerade varför administrationen av natriumbikarbonat avbröts. Man analyserade också Na-24 på arbetarna i helkroppsmätare, vilket ledde till samma slutsats som ovan. Analyserna kompletterades också med mätningar på metallföremål som arbetarna haft på sig, klockor och mynt, vilket också bekräftade neutronstrålning. Problemen med att analysera den radioaktiva strålningen och dess biologiska effekter hängde samman med att det förekommit blandad gamma- och neutronstrålning. Det var också svårt att vikta neutronstrålningen biologiskt.

Biologisk dosimetri

Beräkning av stråldoser för de tre strålskadade utfördes också genom kromosomanalys. Det var första gången man i Japan gjorde en sådan

analys på patienter som varit utsatta för så höga helkroppsdosor med blandad gamma- och neutronstrålning. Arbetare A beräknades ha exponerats för mer än 20 Gy. På grund av den höga strålbekastningen hos A och B var det vid provtagningen, 9 timmar efter exposition, svårt att få tillräckligt många vita blodkroppar (lymfocyter) från perifert blod för att kunna göra en kromosompreparering. Man fick därför modifiera den konventionella metoden med en höganrikningsmetod för kromosompreparation. Det ökade den tillgängliga mängden lymfocyter cirka 10 gånger. Man utförde 2 typer av kromosomanalyser (se bilaga 2).

De båda metoderna visade att patient A fått betydligt större stråldos än B (2–3 gånger mer) och C avsevärt mindre än både A och B. Kromosomanalyserna antydde att A inte skulle klara att återhämta sin egen benmärg trots stamcellstransplantation, att B hade möjligheter och att C inte ens behövde någon stamcellstransplantation.

Kommentar: Den biologiska beräkningen av stråldos är värdefull inför beslut om behandling och för att bedöma prognos.

Fullständig blodundersökning

Fullständigt blodstatus togs akut på NIRS sjukhus cirka fem timmar efter olyckan. För A visade proverna, jämfört med Mito sjukhusets prover, fortsatt leukocytos (stegring av antalet vita blodkroppar) ($26 \times 10^9/l$) och att andelen lymfocyter sjunkit ytterligare, från 3 till 1,8 procent. Snabbt fallande antal lymfocyter är ett kardinaltecken på hög stråldos och benmärgsskada. Patient B hade också snabbt fallande antal lymfocyter. Även antalet trombocyter (blodplättar) föll snabbt hos både A och B. De båda personerna visade således under det första dygnet tecken på allvarlig påverkan på blod och benmärg.

Patient C hade en måttligare blodpåverkan, med långsammare minskning av antalet lymfocyter och trombocyter. Med anledning av de grava blodförändringarna tog man vid ankomsten även prov för vävnadstypningsantigen (HLA-typning) för att förbereda för eventuell stamcellstransplantation i händelse av grav benmärgssvikt. Man såg under de första dygnen också en kraftig stegring av enzymet amylas i blodet hos A och B och en mindre stegring hos C. Fyndet tolkades som utlösta av strålskador på spottkörtlarna.

Sjukdomsförlopp och behandling

Arbetare A

Arbetare A beräknades ha fått en stråldos på cirka 17–24 Gy. Han fick under de första vård dygnen 30/9 och 1/10 understödjande behandling på NIRS-sjukhuset. Central venkateter sattes för regelbundna blodprover, selektiv antibiotikabehandling av mag-tarmkanalen utfördes. Man satte också in vätsketerapi och behandling med G-CSF (för att stimulera granulocytopoesen) och pentoxifyllin (för att förbättra mikrocirkulationen). Patienten utvecklade under det andra vård dygnet små urinmängder och sjunkande syremättnad i blodet. Efter samråd med experterna i det kliniska nätverksrådet överfördes han därför till intensivvårdsavdelningen vid universitetssjukhuset i Tokyo för fortsatt behandling. Följande kliniska problem manifesterade sig successivt:

- Blodförändringar med minskande antal röda och vita blodkroppar och trombocyter, immunosuppression från dag 2, koagulationsstörningar från ca dag 64.
- Andningssvikt och lungödem.
- Besvär från mag-tarmkanalen med diarréer från dag 24 och blödningar och vätskeutsöndringar från dag 48.
- Kutant strålningssyndrom (hudförändringar), rhabdomyolys (muskelsönderfall) och kompartmentsyndrom, fullhudskada, samt vätskeutsöndringar från dag 27.
- Njursvikt från dag 22 och framåt.

Initiala fasen: dag 1–21

De fyra första problemområdena är direkt inducerade av den mycket höga stråldosen. För att häva pancytopenin (bristen på blodceller) erhöll patienten dag 6 en allogena stamcellstransplantation med perifera blodstamceller från patientens bror. Stigande perifera blodvärden konstaterades från dag 16. Patienten fick cytokinbehandling i samband med transplantationen. Genom den lyckade stamcellstransplantation minskade problemen med blodförändringarna avsevärt, medan andra organsystem istället började svikta. Patienten vårdades under isolering med massiva intensivvårdssatser. Han fick bl.a. respirator-, infektions- och vätskebehandling. Det hela krävde också blodtransfusioner och uppföljning med olika undersökningar (gastroskopi och koloskopi) av mage och tarm.

Hudproblemen hade utvecklats från hudrodnad till blåsbildning och deskvamation (hudavlossning), och senare fullständig vävnadsdöd med vätskeförluster och blödning som följd, i slutet av tredje veckan. Patienten fick likartad behandling som vid svåra brännskador. Man utförde också hudtransplantationer med hud från andra givare. Trots frånvaron av infektioner misslyckades transplantationerna, sannolikt på grund av strålskador i den underliggande vävnaden.

Intermediära fasen: dag 21–58

Från dag 21 till hjärtstilleståndet dag 58 var vätske- och blodförlusterna från den strålskadade huden och tarmkanalen de medicinska huvudproblemen. De kombinerade vätskeförlusterna kunde under vissa extrema dygn ligga upp mot 12 till 15 liter per dygn.

Terminalfasen: dag 59–83

Dag 58 inträffade hjärtstillestånd, men patienten svarade på återupplivningen och hjärtrytmen stabiliserades. Patientens tillstånd försämrades emellertid successivt efter detta. Dag 59 inträffade njursvikt med avstannad urinproduktion och kontinuerlig hemodialys insattes. Dag 60 började levern svikta. Dag 69 blev cirkulation instabil och patienten behandlades med diverse cirkulationsstimulerande mediciner. Trots detta förvärrades cirkulationen och dag 82 avled patienten i ett nytt hjärtstillestånd.

Trots den massiva intensivvårdsinsatsen kunde patientens liv inte räddas. Man har dock aldrig tidigare klarat att hålla en så svårt strålskadad patient vid liv så länge som i detta fall. Man kan också notera, att det inte var de initiala blod- och benmärgsskadorna som var avgörande. Benmärgssyndromet hävdades till stor del av stamcellstransplantationen. Istället visade sig allvarliga skador på hud och i gastrointestinalkanalen under dag 21–58. Slutligen inträffade den multipla organsvikten, efter dag 58, vilket ledde till döden.

Det terapeutiska förloppet visar svårigheterna att behandla svårt strålskadade patienter – i synnerhet om man från början inte känner till den exakta dosbelastningen. Man fick ju inte fram de fysikaliskt beräknade dosvärdena förrän efter några dygn. De biodosimetriska värdena fick man fram först efter ett par veckor. Patientens tillstånd förändrades också med tiden på grund av strålningens tidsförskjutna effekt på de olika organsystemen.

Under de tre första veckorna var det skadorna på de blodbildande organen och på luftvägar och lungor som var huvudproblemen. Dem lyckades man bemästra med stamcellstransplantation och intensivvård. Från dag 21–58 var det hudskadorna och skadorna i mag-tarmkanalen som var huvudproblemen med stora vätskeförluster från de båda organsystemen. Även om vätskebalansen kunde hållas under kontroll kunde man inte

påverka tillståndet positivt. Slutligen, från den första hjärtstilleståndsdagen till döden dag 82 var patientens tillstånd instabilt med tilltagande organsvikt.

Obduktionsprotokollet visade att s.k. benmärgssvikt och skador i matstrupe och tarm (frånvaro av slemhinna) var några dödsorsaker. Dessutom konstaterades lungödem och skador på slemhinnan i luftstrupen. I huden noterades fullhudsskador och avsaknad av dermis. Man kunde också se muskelförtvining på bålen och på armar och ben. En aktiv behandlingsstrategi hade tillämpats in i det sista eftersom man inte kände till de långsiktiga konsekvenserna av strålningen.

Arbetare B

Initiala skedet: månad 1

Vid inkomsten till NIRS var arbetare B mindre påverkad än A och hans tillstånd var stabilt. B utvecklade pancytopeni, svår blodbrist, och lades in på isoleringsavdelning den 2 oktober 1999.

”Tarmsterilisering” genomfördes och man gav G-CSF för att stimulera nybildning av granulocyter. Benmärgsprov visade en allvarlig skada och man bedömde att en spontan återhämtning av benmärgsfunktionen var osannolik. Man beslutade därför om stamcellstransplantation. Eftersom B saknade lämplig (HLA-kompatibel) familjemedlem som donator, valde man att ge stamceller från navelsträngsblod.

Transplantation genomfördes nio dagar efter olyckan på Tokyos universitetssjukhus, dit patienten överförts för fortsatt vård. Patientens tillstånd var stabilt och han kunde delvis gå uppe. Återhämtningen av blodvärdena gick snabbare än väntat. Redan 15 dagar efter transplantationen hade vissa vita blodkroppar (neutrofilerna) börjat återhämta sig. Efter cirka två månader började också patientens egna hematologiska stamceller att återhämta sig. Det uppstod en blandning mellan givar- och mottagarceller, en s.k. mixed chimerism, men denna lyckades man bemästra.

Intermediära skedet: månad 2–4

I detta skede inträdde skador på andra organsystem. Patienten ådrog sig skador på munslemhinnan och de förvärrades under de kommande månaderna. Mag-tarmkanalen skadades också av strålningen. Från dag 109 började blödningar och vätskeförluster från tarmen. Man gjorde försök med medicinsk och annan behandling (endoskopisk) för att stoppa blödningarna, men utan framgång. Från dag 151 var patienten beroende av blodtransfusioner.

Patienten utvecklade också strålningsinducerade skador på huden, som successivt försämrades från den andra månaden. Blåsbildning, hudavstöt-

ning och fullhudsskador med vätskeförluster i ansikte, på bål och på övre och nedre extremiteter. Man försökte förbättra situationen genom hudtransplantationer med hud från en avliden givare. Man odlade också fram hudtransplantat från denna person, vilka senare transplanterades. Den 81:a dagen började man med händer och underarmar, benen den 89:e och slutligen ansiktet den 123:e dagen efter olyckan. Hudtransplantaten togs till största delen (90 procent) men mycket snart inträffade en successivt tilltagande s.k. fibrotisering, bindvävsomvandling, av huden.

Terminala skedet: månad 5–7

Infektionskomplikationer tillstötte också i hudtransplantaten (som koloniserades med vankomycinresistenta *staphylococcus aureus*). Infektionen spred sig sedan till munslemhinnan och andningsvägarna. Den 153:e dagen fick patienten en aspirationspneumoni (lunginflammation på grund av kräkning ner i luftvägarna). Andra komplikationer såsom ”Acute Respiratory Distress Syndrome” (ARDS) komplicerade lunginflammationen. Patientens avled den 210:e dagen.

För arbetare B stabiliserades tillståndet under den initiala akutfasen vad gäller påverkan på blodet och de blodbildande organen. Efter cirka tre månader, under intermediärfasen, försämrades däremot de övriga strålningsinducerade organskadorna på mag-tarmkanalen och hud. I terminalfasen tillstötte en infektionskomplikation och andningsinsufficiens. Obduktionen visade lunginflammation, benmärgspåverkan (hypocellulär benmärg), ett flertal ytliga sår i mag-tarmkanalen (multipla erosioner), bindvävsomvandling av huden och muskelförtvining på bål och extremiteter.

B avled således trots omfattande vårdinsatser. Hans fall belyser återigen svårigheten att initialt bedöma organskadornas omfattning. En del skador visar sig ju inte förrän efter flera veckor, ibland först efter någon månad, samtidigt som de förvärras. Tillgänglig medicinsk terapi hade i detta fall inte någon avgörande effekt för att läka skadorna på mag-tarmkanalen och huden.

Arbetare C

Initiala skedet: månad 1

C var den patient som utsattes för den lägsta stråldosen, cirka 2,8 Gy. Hans tillstånd var stabilt vid ankomsten till NIRS-sjukhuset. Han hade en lindrigare form av ”Acute Radiation Syndrome” och en svagare påverkan på blod och benmärg som manifesterades i stegvis fallande antal blodplättar och vita blodkroppar (främst neutrofiler). Värdet var lägst ca tre veckor efter exposition. C fick stanna på NIRS-sjukhuset för fortsatt vård. Han fick medicin för att stimulera benmärgen (G-CSF) och sedvanlig ”tarm-

sterilisering”, antibiotikaprofylax, kontroll av elektrolyter och vätskebalans, men behövde inte intensivvård. Man fick emellertid ge transfusion med blodplättar (trombocytttransfusioner) innan benmärgen återhämtade sig efter cirka 6 veckor.

Det senare skedet: månad 2–3

Patienten hade en initialt övergående sänkt syrehalt i blodet och vätskeansamling i lungorna (hypoxi och interstitiellt ödem) som dock gick tillbaka successivt. Huden utvecklade inga typiska tecken på svårare strålskador, men man såg ett håravfall och minskad skäggväxt. För övrigt mådde patienten kroppsligen bra. Den 20 december 1999 skrevs han ut till hemmet för fortsatt poliklinisk kontroll. Patienten fick också psykiatrisk stöd-kontakt.

Det kliniska förloppet hos C var annorlunda än hos de två andra. Det stämmer med de erfarenheter som finns. En helkroppsdos på cirka tre till fyra Sv ansågs tidigare medföra en femtioprocentig risk att avlida i benmärgssvikt. Med förbättrade behandlingsmetoder, såsom bl.a. stamcells-transplantation och nya hematopoetiska tillväxtstimulerande faktorer i kombination med bättre antibiotikaterapi och blodkomponentbehandling, har gränsen för den dödliga benmärgsdosen höjts.

C hade inte heller erhållit tillräckligt hög stråldos för att få lika allvarliga skador på slemhinnor i mag-tarmkanalen eller i huden som A och B erhöll. Han utvecklade inte heller något intermediärt skede med successivt förvärrade skador på olika organsystem som senare leder till döden. C svarade istället bra på insatt medicinsk behandling och kunde läka. Han kommer att följas upp med långtidsstudier för att se effekterna på lång sikt.

Omhändertagandet i övrigt

Medicinsk behandling

Man kan konstatera att det kliniska nätverket för omhändertagande av strålningsmedicinska skadefall fungerade mycket väl. Det var första gången man till fullo kombinerade modern utredningsdiagnostik med modern behandling inom strålningsmedicinen. Det gav värdefull kunskap om dessa svåra typer av strålskador. De hematologiska problemen sätter inte längre gränser för om patienten ska överleva. Skadorna på huden och i gastrointestinalkanalen i kombination med multiorgankollaps ledde däremot till döden i ett senare stadium.

Man måste också förstå att patienter med helkroppsdosbelastning på över 6–8 Gy är mycket vårdkrävande och därmed tar stora sjukvårdsresurser i anspråk. Det är tveksamt om man vid en masskadesituation hade klarat av att ge samma intensiva och högkvalitativa behandling som de tre patienterna nu fick. Man måste också fråga sig hur långt man ska driva vården i förhållande till förväntad livskvalitet. Något absolut svar finns inte på frågan, man får pröva varje enskilt fall för sig.

En svårighet vid behandling av strålskadade patienter är att alla symtom och organskador inte manifesterar sig omedelbart. De kan komma först i ett senare skede och vara svåra att bedöma initialt. Det gällde i synnerhet de skadade vid den här olyckan eftersom de inte hade någon dosimeter. Stråldosen fick man analysera fram med hjälp av fysikalisk och biologisk dosimetri, vilket tog tid. Under tiden arbetade man vid de japanska sjukhusen enligt den gällande sjukvårdsprincipen att rädda liv.

Kontroller av befolkningen

Man undersökte och gjorde en medicinsk kontroll av de personer som deltagit i räddningsarbetet och bland dem som bodde i närområdet. Bland annat erbjöds alla gravida kvinnor och barn en speciell kontroll vid specialmottagningar som organiserades genom NIRS försorg. Specialutbildade strålningsmedicinska specialister från NIRS verkade initialt i samarbete med sjukhusen. Efter några dagar organiserades mottagningarna i samarbete med primärvården i syfte att vända patientströmmarna från sjukhusen. Man kunde inte konstatera några akuta skador på de cirka 30 000 undersökta personerna, och heller inte några skador på dem som följdes upp ett år senare (oktober 2000). Man har konstaterat att den låga strålningsexponeringen hittills inte visat sig i några skador.

Psykosocialt omhändertagande

De tre skadade arbetarna fick psykiatrisk kontakt på sjukhuset och deras familjer fick stödkontakt. Olyckan orsakade också en påtaglig oro bland befolkningen. Under de första dygnen kontaktade flera tusen personer de psykiatriska akutmottagningarna i området. Man försökte dämpa oron genom att låta snabbutbildade hälsorådgivare informera befolkningen genom massmedia och olika informationskanaler. För att avlasta de psykiatriska akutmottagningarna upprättades speciella vårdteam i samarbete med primärvården dit oroliga människor kunde vända sig. Man fick en god effekt av denna åtgärd. Den stora akuta oron hos befolkningen lade sig efter några veckor. Det fanns emellertid fortfarande enskilda oroliga patienter som hade kontakt med de psykiatriska öppenvårdsmottagningarna och primärvården i december 2000.

Kommentar: Det psykosociala omhändertagandet av både de skadade och människor i närheten av strålningsområdet kom att bli omfattande eftersom få olyckor genererar så mycket oro som strålningsolyckor.

Viktiga erfarenheter

Företagsnivån

Företaget JCO Company Ltd saknade adekvat kontroll över hur säkerhetsföreskrifterna tillämpades vid framställningen av uranyl-nitratlösningar. Hade detta kontrollerats hade olyckan sannolikt inte inträffat. Kommunikationen mellan företaget och räddningstjänsten och sjukvården tycks inte ha fungerat tillfredsställande. Det rapporterades inte vilken typ av olycka det rörde sig om, inte heller om skadepanorama eller kontamineringsgrad. Någon strålskyddspersonal från företaget följde inte heller med till Mito-sjukhuset för att rapportera och hjälpa till vid strålningsdetekteringen och bedömningen av stråldoser. Det hade varit mycket värdefullt för den första sjukvårdsinstansen att få en så klar bild som möjligt av läget för de skadade, för att tidigt kunna sätta in adekvat vård. Det blev först på NIRS-sjukhuset i Chiba som man många timmar senare kunde ställa de rätta diagnoserna.

I början rådde också bristande kommunikation på olycksplatsen mellan företagets strålskyddspersonal, ambulanspersonal och räddningstjänst. Räddningstjänst och sjukvårdstjänst borde tillsammans med företagets strålskyddsansvariga samplanera och regelbundet öva katastrofinsatser så att samarbetet kan fungera i akuta situationer och för att undvika onödigt strålningsexponering. Dosimetrar bör finnas tillgängliga för räddningstjänst och sjukvårdspersonal om de måste in i kontaminerat område. Rapporteringen till sjukvården måste fungera så att patienterna blir rätt omhändertagna. Vid olyckan i Tokaimura var läget oklart i början.

Sjukhusnivån

Vid länssjukhuset i Mito antog man, genom strålningsmätning och provtagning, att patienterna var både externt och internt kontaminerade. Man saknade däremot tillräcklig övning och erfarenhet för att klara att sanera kontaminerade patienter. Den initiala handläggningen och bedömningen av de strålskadade patienterna blev därför bristfällig. Erfarenheterna från olyckan visar hur viktigt det är att personalen vid det lokala akutsjukhuset är välutbildad och har övat för att klara sin uppgift. Man måste ha adekvat utrustning för strålningsmätning och tillgång till kvalificerad strålskyddspersonal som kan göra de korrekta bedömningarna. Dessutom behövs saneringsutrustning och nödvändiga mediciner.

De kontaminerade patienterna transporterades sedan till NIRS specialsjukhus i Chiba. Där hade man goda resurser för strålningsdetektion och

sanering. Man hade också tillräcklig övning och erfarenhet för att kunna ta hand om patienterna på ett adekvat sätt. Man konstaterade bl.a. att de inte var kontaminerade. Det senare skedet av omhändertagandet via det kliniska nätverket för strålningsmedicinska skadefall vid de olika specialistklinikerna på universitetssjukhuset i Tokyo fungerade mycket väl. Man hade också samplanerat i förväg för strålningsolyckor. Patienterna fick den bästa möjliga vård som kunde ges.

Myndighetsnivån

De lokala och regionala myndigheternas beslut och informationen till befolkningen påverkar också den lokala sjukvården. I Tokaimuraområdet var trycket så hårt på de lokala sjukhusens akutmottagningar att man fick gå ut i massmedia med en vädjan till befolkningen att inte söka sig till sjukhusen i onödan. Man fick också i efterhand försöka organisera primärvården så att den kunde ta hand om de patienter och hjälpsökande som hänvisades dit. Tillfälliga specialmottagningar inrättades för att ta hand om befolkningen i det utrymda området.

Dessa erfarenheter visar hur viktigt det är med samplanering mellan regionala och lokala myndigheter och sjukvårdshuvudmän. Det är också viktigt att primärvården och det psykosociala omhändertagandet organiseras så att man har tillräcklig kunskap och information om strålningsmedicin och det aktuella läget samt att man övar regelbundet. Även på central myndighets- och regeringsnivå är det viktigt hur man agerar. Vid Tokaimuraolyckan gick man ut med samordnad information där även premiärministern framträdde i TV.

Tokaimuraolyckan visar också att en händelse som denna inte bara påverkar lokalsamhället, regionen eller det egna landet. Den röntte mycket snabbt stor internationell uppmärksamhet och skapade till och med en viss oro i Sverige. Det visar behovet av att det finns strålningsmedicinsk kompetens för att kunna analysera informationen från internationella olyckshändelser och vidta eventuellt nödvändiga åtgärder i det egna landet.

Referenser

Muntliga källor

Akashi, Makato, Doktor. NIRS, Chiba, Japan.

Maekawa, Kazuhiko, Professor. Department of Traumatology and Critical Care Medicine, Graduate School of Medicine, University of Tokyo.

Suzuki, Gen, Doctor. Department of Clinical Studies, Radiation Effect Research Foundation, Hiroshima.

Skriftliga källor

BoHollier-Depois J. F et al. New approach for dose reconstruction: Application to one case of localized irradiation with radiological burns. *Health Physics*, 2000:3.

The Criticality Accident in Tokaimura, Medical Aspects of Radiation Emergency. Tsujii H. & Akashi M. (eds). Chiba, NIRS, 2001.

Diagnosis and Treatment of Radiation injuries. *IAEA Safety Reports Series 2*. 1998.

Mettler F. A., Kelsey C. A. & Ricks R. C. Medical Management of Radiation accidents. Boca Raton, Florida. CRC Press, 1990.

Ricks R. C., Berger M. E. & O'Hara F. M. Jr. The medical basis for Radiation-Accident Preparedness. Boca Raton, Florida, Parthenon Publ. Group, 2002.

SOS-rapport 1998:13. Kärntekniska olyckor och katastrofer med radioaktivt utsläpp. Stockholm, Socialstyrelsen, 1998.

Strålmedicinsk organisation i Japan

Japans nationella strålskyddsinstitut, NIRS, svarar för omhändertagande av strålskadefall i Japan. Institutet har ett sjukhus med platser för strålningsmedicinska fall, speciallaboratorier för strålningsmedicin och utbildning av specialistläkare i strålningsmedicin. Överordnad institutet är den nationella ledningsgruppen för det strålningsmedicinska nätverket i Japan.

Nationell/regional nivå

Sjukhusen i Kyushu, Chushikoku, Kansai och Nord har expert/specialistkompetens inom olika kliniska områden för att ta emot och behandla allvarliga strålskadefall.

Länsnivå

Här finns länslasarett speciellt förberedda för att ta hand om strålskadade och utföra dekontaminering av skadade samt ge vård till måttligt strålskadade.

Primär nivå

Vissa länsdelssjukhus och vårdcentraler är planerade för akut omhändertagande av strålskadade och medicinska åtgärder för befolkningen inom 10 kilometers zon från en kärnteknisk anläggning.

Bilaga 2

Kromosomanalyser

På patienterna gjordes först en *standardiserad analys*, där man efter preparation av lymfocyter räknade antalet dicentriska- och ringkromosomer. Denna metod är dock tidskrävande. Därför använde man sig också av en *snabbmetod* med räkning av artificiellt inducerade prematura kondenserade ringkromosomer (PCC-ring), som medgav en dosberäkning redan efter 54 timmar. Denna metod gav följande resultat: biologiskt beräknad dosbelastning för patient A: mer än 20 Gy, B: 6,5–8,2 Gy respektive C: 1,2–2,8 Gy.

Standardmetoden, som var klar någon vecka senare, gav följande dos-estimering: A: 24,5 Gy, B: 8,3 Gy, C: 3,0 Gy. Vidare visade denna metod att alla analyserade celler hos A hade åtminstone en dicentrisk- eller ringkromosom, vilket indikerade att A inte skulle kunna klara att återhämta sin egen benmärg efter den initiala strålskadan. Analysen av B gav för handen att det fanns en mindre mängd celler med normal karyotyp, vilket gav möjligheter att några av B:s hematopoetiska celler skulle kunna återhämta sig och ersätta de transplanterade stamcellerna. Beträffande C saknade ungefär hälften av cellerna dicentriska- eller ringkromosomer, vilket indikerade att C:s benmärg var så pass intakt att en stamcellstransplantation ej var nödvändig.