

TXERNÒBIL: ORIGEN DEL PROBLEMA ASPECTES MÈDICS

per

MANUEL RIBAS I MUNDÓ

Catedràtic de Medicina. U.A.B.

Cap del Departament de Medicina

Hospital "Germans Trias i Pujol". Badalona, el Barcelonès

El 26 d'abril de 1986 a la 1:23 de la matinada es produí l'accident nuclear més important dels nostres temps a la central nuclear de Txernòbil, a uns 130 km al nord-oest de Kíev.

La central nuclear de Txernòbil consistia en un reactor de 1000 megawatts que funcionava amb grafit i zirconi. Per causa d'unes proves (paradoxalment de seguretat) del reactor treballant a baix potencial, aspecte tècnic en el qual no entrarem en detall, es produí una primera explosió per vapor que ocasionà immediatament dos morts per causes mecàniques de l'ona explosiva. A continuació es produí una segona explosió que fou deguda al gas hidrogen generat pel zirconi superescalfat i que causà la major disseminació de radioactivitat. Aquesta explosió produí uns 12 milions de curies de radioactivitat durant les primeres 24 hores, seguit d'uns 38 milions de curies escampats durant els 10 dies següents. A més cal afegir-hi uns 45 a 50 milions de curies de xenó i criptó radioactius, de menor importància ja que es tracta de gasos inerts, d'una curta vida mitjana d'unes 9 hores. En total s'escamparen a l'atmosfera uns 100 megacuries en 10 dies. Un detall important és que després de la 2a. explosió s'incendià el grafit i s'elevà un núvol de radioactivitat a més de 5 km d'alçada.

EFACTES BIOLÒGICS DE LES RADIACIONS

Per a poder entendre els aspectes mèdics dels efectes de les radiacions en l'organisme humà, hem de conèixer en primer lloc l'acció biològica de les

radiacions a nivell cel·lular i tissular. A més, cal tenir present els efectes immediats per irradiació aguda i els efectes a llarg termini, el tipus de radiació i si la irradiació és global de tot l'organisme o afecta localment determinats òrgans més exposats segons el metabolisme de la substància radioactiva.

Els efectes biològics de les radiacions ionitzants poden ésser beneficiosos ben controlats, com ara en el tractament del càncer, o bé perjudicials si aquesta radiació no pot ésser controlada.

Els efectes perjudicials de les radiacions depenen de la dosi o quantitat d'irradiació rebuda per l'organisme, del temps en què ha estat rebuda i de la superfície corporal irradiada, és a dir, si ha estat una irradiació de tota la superfície corporal o només d'una regió aïllada.

TIPUS DE RADIACIONS

Les radiacions ionitzants que poden ocasionar efectes biològics indesitjables es classifiquen en diversos tipus:

- 1) Radiacions gamma i raigs X, que estan constituïts per fotons.
- 2) Radiacions beta, que són electrons i tenen poca capacitat de penetració.
- 3) Radiacions alfa, que són nuclis d'heli amb capacitat de penetració encara més curta (poques micres).
- 4) i 5) Protons i neutrons, que són radiacions corpusculars amb massa atòmica 1 i amb càrrega elèctrica + 1 i 0 respectivament.

En la pràctica, les radiacions més perilloses per a l'organisme són les radiacions gamma, ja que posseeixen una gran capacitat de penetració.

PATOGÈNIA DELS EFECTES BIOLÒGICS DE LES RADIACIONS

Els fotons o les partícules radioactives actuen a nivell atòmic sobre les molècules que intervenen en el metabolisme cel·lular, provocant una ionització amb radicals lliures H^+ i OH^- , que es combinen amb l'aigua o entre ells formant només molècules d'aigua o de peròxid (H_2O_2) o aigua oxigenada.

Això afecta les molècules més sensibles i importants del metabolisme cel·lular com són els enzims i el DNA. L'alteració del DNA en les cèl·lules germinals pot ocasionar anomalies potencialment transmissibles.

Els òrgans i teixits més fàcilment afectats per les radiacions ionitzants són aquells que tenen un major potencial de regeneració, ja que fa més fàcil l'afectació de llurs mecanismes de reproducció cel·lular i en conseqüència llur destrucció.

Aquests òrgans i teixits són els del sistema hematopoètic, tant la producció de granulòcits com la de limfòcits, i també la producció de plaquetes i d'hematies amb llurs conseqüències patològiques molt importants.

Un altre teixit amb una gran capacitat de proliferació, i en conseqüència fàcilment afectable per les radiacions ionitzants, és la mucosa digestiva, on aquestes poden produir importants efectes patològics com són els vòmits i les diarrees.

MANIFESTACIONS AGudes DE LA IRRADIACIÓ CORPORAL TOTAL

En una irradiació aguda i global de tot el cos > 2.000 rad es produeixen unes manifestacions agudes que afecten fonamentalment el sistema nerviós, el sistema cardíoc-vascular i el digestiu.

Ràpidament apareixen nàusees i vòmits, apatia, tremolors, convulsions i atàxia. A continuació el pacient entra en *shock* cardíoc-circulatori refractari i poc després en coma, i mor en un termini inferior a les 36 hores. Aquesta és la malaltia d'irradiació aguda (*radiation sickness*).

Les manifestacions digestives, després d'una irradiació aguda > 600 rads, apareixen als 3-5 dies, i es caracteritzen per nàusees, vòmits i diarrees, que poden produir una deshidratació i *shock* hipovolèmic.

Les manifestacions hematològiques apareixen a partir d'irradiacions corporals totals que superen els 200 rads. A les 6-12 hores poden ja aparèixer anorèxia, nàusea i vòmits. A les 24-36 hores sol iniciar-se un període de benestar que pot persistir fins a 3 setmanes. Generalment entre la 1a. setmana i la 2a. apareixen la granulopènia i trombopènia greus per acció de les radiacions. Això pot durar de 7 dies a 6 setmanes.

EFFECTES LOCALS SOBRE LA PELL

Una dosi de 200 rads sobre la pell ocasiona un eritema cutani a les 2-3 setmanes.

Als 300 rads apareix una depilació, que es fa irreversible per sobre dels 600 rads.

A més de 1.000 rads es produeix una dermatitis per radiació.

A més de 5.000 rads les manifestacions cutànies són molt immediates i semblen cremades de tercer grau, molt similars a les ocasionades per cremades tèrmiques o químiques.

A la Taula I són exposats molt resumidament els efectes de la irradiació aguda corporal total. A la Taula II hi ha explicades més detalladament les simptomatologies més importants degudes als efectes de la irradiació aguda corporal total.

EFFECTES IMMEDIATS DE L'ACCIDENT A TXERNÒBIL

Les persones més directament afectades foren els treballadors de la central, dels quals 2 moriren immediatament per causes traumàtiques, i els

Taula I. Efectes de la irradiació aguda corporal total

0-25 rads	Cap efecte detectable
25-50 rads	Possible alteració hematològica
50-100 rads	Alteració hematològica
100-200 rads	Lesió generalitzada
200-400 rads	Lesió generalitzada. 5% mortalitat
400-600 rads	50% mortalitat. DL-50.
> 600 rads	100% mortalitat. DL-100

Taula II. Simptomatologia més important de la irradiació aguda corporal total

Dosi petita	50 rads	Canvis hematològics lleugers i transitoris.
	100-200 rads	Nàusea, cansament. Alteracions hematològiques. Probable escurçament de l'esperança de vida.
Dosi moderada	200-400 rads	Nàusea i vòmits abans de les 24 hores en el 50% dels casos. Període de latència d'uns 7 dies de durada. Anorèxia, nàusea i vòmits. Debilitat general, diarrees. Ulceració de les mucoses digestives. 5% de mortalitat entre la 2a. setmana i la 6a. La majoria dels casos es recuperen.
Dosi semiletal	400-600 rads	Nàusea i vòmits a les 1-2 hores en tots els casos. Període de latència de 7 dies. Anorèxia, nàusea, pèrdua de pes, debilitat i febre. Ulceració de les mucoses digestives a la 3a. setmana. Diarrees i hemorràgies. 50% mortalitat entre la 2a. setmana i la 6a.
Dosi letal	> 600 rads	Nàusea i vòmits a les 1-2 hores. Període de latència de 1-4 dies. Vòmits, diarrees, ulceració de les mucoses cap al final de la 1a. setmana. Febre, pèrdua de pes i mort en tots els casos a partir de la 2a. setmana.

bombers que acudiren per apagar l'incendi. En total unes 300 persones foren evacuades ràpidament a Moscou, a l'Hospital núm. 6, que fou habilitat especialment per a poder tractar aquests tipus de malalts. Uns 50 individus reberen una dosi important superior als 500 rads. Uns altres 100 havien rebut una dosi entre 300 i 500 rads i aproximadament uns altres 100 reberen entre 100 i 300 rads.

Els metges soviètics estaven particularment preocupats per aquells 50 subjectes que havien rebut més de 500 rads, ja que aquesta dosi acostuma a associar-se amb la mort per l'aplàsia del moll d'os. L'estratègia inicial fou realitzar trasplantaments de moll d'os en aquest grup de malalts.

En aquesta tasca, hi contribuí especialment el metge americà Robert Peter Gale i el seu equip, que s'ofriran immediatament per ajudar els accidentats de Txernòbil i practicar els trasplantaments de moll d'os que fossin necessaris. Mitjançant l'ajut del multimilionari i empresari americà Hammer, l'equip del Dr. Gale es pogué traslladar immediatament a Moscou per a realitzar les tasques mèdiques necessàries de tractament i control dels més afectats per les radiacions.

Dels 19 trasplantaments que hom féu només en sobrevisqueren 5, ja que molts d'ells presentaven, a més de l'afectació medul·lar, una important afectació de la pell amb cremades cutànies per les radiacions beta i gamma juntament amb les cremades de causa tèrmica. Les darreres dades indiquen que han mort a Txernòbil 31 persones. Excepte els dos primers, tots els altres morts reberen més de 600 rads de radiació gamma, a més de la radiació beta causant de lesions i cremades a la pell.

EFFECTE DE LES RADIACIONS A LLARG TERMINI

Els efectes patològics de les radiacions a llarg termini no són coneguts amb exactitud. Tant es poden produir en els supervivents d'una irradiació aguda com en els que pateixen irradiacions cròniques en general de petita intensitat però d'efectes reconegudament acumulatius. El concepte d'acumulació de dosi és fonamental quan hom parla d'efectes de les irradiacions cròniques a llarg termini.

Un altre aspecte molt debatut és l'existència o no d'un límit o llindar de dosi, per sota del qual no es produeixen efectes acumulatius patològics. De moment no sembla que existeixi aquest llindar de seguretat. Sembla molt possible que l'exposició crònica a dosis "subliminals" molt petites pugui causar alteracions genètiques o somàtiques acumulatives, encara que inicialment siguin molt difícilment detectables.

Els efectes a llarg termini poden ésser genètics o somàtics. En els genètics, les alteracions es produeixen en les cèl·lules germinals. En els somàtics, les alteracions es troben en les cèl·lules somàtiques.

Els efectes somàtics de la irradiació crònica més temuts són l'augment de la incidència de tumors malignes, tant en la sang (leucèmies) com en altres òrgans: ganglis, tiroide, pulmó, mamella i os.

El problema del càncer postirradiació és el llarg període de latència, que pot arribar a 30-40 anys. Per això és actualment tan important de seguir detingudament tots els irradiats de Txernòbil, encara que siguin casos mínimament irradiats, per veure si es comprova un augment en la incidència de càncers tal com es pot preveure per les dades de què actualment disposem.

Si hom calcula que un subjecte pot arribar a rebre uns 150-180 mrem l'any, sumant la irradiació còsmica amb la irradiació de les substàncies ra-

dioactives naturals i la irradiació d'origen mèdic o d'usos radioactius industrials, veurem que això suposa uns 10 rem durant tota una vida, amb la qual cosa la probabilitat de morir de càncer augmenta un 0,1%. Aquest efecte no sembla que pugui ésser massa important si tenim en compte que la probabilitat de morir de càncer és normalment del 15 al 20%.

Poden representar un major problema les alteracions genètiques produïdes per les radiacions. Per a comprovar aquestes alteracions calen molts anys de control dels afectats, encara que sigui mínimament afectats, i en particular de llur descendència en dues o tres generacions, cosa que allarga a aproximadament un segle el període de seguiment dels afectats i llur descendència. Tot això és necessari si volem tenir dades científiques certes sobre els efectes de les radiacions ionitzants en el gènere humà.

Per a intepretar la seguretat d'uns reactors nuclears cal especificar en primer lloc d'una manera ben clara quins són els riscos que estem disposats a considerar com a acceptables.

Segons càlculs realitzats pel Dr. Gale, sembla que els efectes a llarg termini de l'accident de Txernòbil quant a les seves conseqüències cancerígenes seran relativament moderats però detectables. Segons aquest estudi, en els propers 50 anys es produiran en el món entre uns 2.500 i 75.000 casos de càncer deguts a l'accident de Txernòbil. D'aquests, un 40% es produiran a la Unió Soviètica, un 50% a Europa i un 10% a la resta de l'hemisferi nord, la qual cosa ens indica el caràcter internacional que tenen aquests accidents nuclears.

L'augment del càncer serà aproximadament d'un 2% en el grup de població d'uns 24.000 habitants que vivien en un radi d'uns 15 km al voltant de la central i que reberen una irradiació entre 30 i 50 rads. Això representa un augment de càncer d'uns 200 a 300 casos en aquesta població esmentada. L'augment serà de menys de 1.000 casos en la població d'uns 130.000 habitants situats en un radi d'uns 30 km, la qual cosa representa un augment de menys del 0,1%.

Segons un altre estudi fet a l'URSS, en els propers 70 anys la incidència de morts per càncer augmentarà un 0,05%. Això vol dir que s'afegiran uns 5.000 morts per càncer als previsibles 9,5 milions de persones que en aquests propers 70 anys moriran de càncer. Com veiem, aquests xifres són relativament semblants a les donades pel Dr. Gale.

ALGUNES LLIÇONS A TREURE'N

L'experiència de Txernòbil ens ha de servir per a treure'n algunes lliçons pràctiques.

Els radioisòtops eliminats per un accident d'una central nuclear poden ésser molt diferents segons el tipus de reactor.

La formació d'un important núvol radioactiu (que pujà fins a més de 5 km d'alçada) fa que les condicions meteorològiques del moment precis en què s'ha produït l'accident i durant els dies següents siguin de primordial importància per a determinar les conseqüències de la contaminació ambiental, tant a les zones immediates i més properes com a les situades a llarga distància.

La direcció del vent i la presència o no de pluja a la zona per on es desplaça el núvol radioactiu pot causar grans diferències en la distribució de la contaminació radioactiva. Això pot fer que hi hagi molta més contaminació en regions molt allunyades de la central nuclear i en canvi que hi hagi poca afectació de les zones més veïnes.

Aquest aspecte de la "pluja radioactiva" és molt important i per això un dels primers consells que hom pot donar a la població és que es mantingui a casa, si les cases són de construcció moderna amb ciment (ja que això protegeix de la irradiació). Aquesta fou la sort de la ciutat de Pripjat, a pocs km de la central i que posseïa una població d'uns 45.000 habitants. Quan es produí l'accident, a la 1:23 de la matinada, la majoria de la població dormia a casa seva en construccions modernes de ciment. En canvi, els habitants situats en un radi més llunyà però que vivien en cases de pagès de fusta reberen una major irradiació.

Un altre aspecte pràctic és la gran dificultat de poder disposar en poc temps dels mitjans de transport necessaris per a poder evacuar tota la població que ho requereix. A Txernòbil foren evacuades un total d'unes 130.000 persones, que eren les que residien en un radi d'uns 30 km i que teòricament podien haver rebut uns 50 rads. Disposar dels mitjans necessaris per a l'evacuació en massa del personal requerí de 2 a 5 dies, la qual cosa demostra, segons admeten tots els comentaristes, una bona organització.

La ciutat de Kíev, que té uns 2,4 milions d'habitants i està situada a 130 km al sud-est de Txernòbil, a penes rebé una radiació significativa (menys de la meitat de la radiació *background* normal en un any) gràcies al fet que els vents del moment bufaven cap al nord-oest i n'apartaren el núvol radioactiu.

Txernòbil també ens ha ensenyat que vivim en un planeta petit i que cal ésser solidari, ja que compartim un mateix habitacle sense que hi hagi separacions ni fronteres quan es produeix un accident nuclear d'aquesta magnitud.

A causa dels vents cap al sud-oest, a Europa foren afectades, principalment durant la primera setmana, Polònia, la península escandinava i les illes Britàniques. Sobretot a Suècia és on fou donada la primera alarma que algun accident o explosió nuclear s'havia produït en alguna zona de l'est d'Europa.

Una altra línia de contaminació seguí cap al sud a la península dels Balcans i arribà fins al nord d'Itàlia, Alemanya i el sud de França. Als Països Ca-

talans apenes arribà el núvol radioactiu, però d'això ens en parlaran més detalladament altres conferenciants.

CONSEQUÈNCIES DE TXERNÒBIL

En resum, les conseqüències globals que cal treure del dissortat accident de Txernòbil són:

1) Una major preocupació i control respecte a l'energia nuclear, ja que qualsevol imprudència o descurança pot ocasionar accidents irreparables. En aquest aspecte és fonamental el tipus de central i les seves mesures de seguretat.

2) La gran importància de les condicions meteorològiques en el moment de produir-se l'accident. Això pot determinar nivells d'irradiació molt intensos en zones geogràficament més allunyades que d'altres que semblava a priori que poden haver estat molt més afectades.

3) Que vivim en un planeta molt petit i que qualsevol accident nuclear per moderat que sigui pot tenir conseqüències nefastes arreu del món.

4) Que la col·laboració i la solidaritat internacionals són importants, i que això ens pot ajudar a apropar-nos cap a la pau mundial.

BIBLIOGRAFIA

- ROBERT PETER GALE. Immediate medial consequences of Nucleare Accidents. Lessons from Chernobyl. JAMA 1987, 258: 625-628.
- Editorial. - Living with Radiation - after Chernobil. The Lancet 1986; 2: 609-610.
- USSR. State Committee on the Utilization of Atomic Energy: The Accident at Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences. Information compiled for the IAEA Expert's Meeting. Vienna, Aug. 25-29, 1986.
- JACK GEIGER. The Accident of Chernobyl and the Medical Response. JAMA 1986; 256: 609-612.
- CHARLES MARWICK. Physicians' Reaction to Chernobyl Explosion: Lessons in Radiation and Cooperation. JAMA 1986; 256: 559-568.
- ELIOT MARSHALL. The Lessons of Chernobyl. Science 233; 1375-1376.
- F. B. SMITH i H. J. CLARK. Radionuclide deposition from the Chernobyl cloud. Nature 1986; 690-691.
- MIKE EDWARDS. -Chernobyl - once year after. National Geographic. May 1987; 171: 632-653.