ÉTUDE D'UN CAS D'IRRADIATION HUMAINE ACCIDENTELLE

D. BENINSON, A. PLACER ET E. VANDER ELST*

Note de la S.F.R.P.

Le Comité Scientifique de la Revue Radioprotection tient à remercier tout spécialement MM. les Professeurs D. Beninson, A. Placer et E. Vander Elst d'avoir bien voulu donner leur accord pour la publication de cet article dont les conclusions ont été présentées lors du Congrès sur les mesures à adopter en cas d'accidents nucléaires à Vienne (A.I.E.A.) les 19 et 23 mai 1969.

L'accroissement des applications des rayonnements augmente considérablement ce risque d'irradiation. Déjà d'autres accidents de ce genre ont été signalés. Le Comité Scientifique se fait un devoir d'attirer ainsi l'attention sur les conséquences, généralement très graves pour des personnes non averties, qu'entraînent les sources perdues.

Nous avons appris récemment le décès de l'accidenté mais nous avons préféré publier in extenso le texte de nos collègues argentins.

I - INTRODUCTION

L'accident, décrit dans le présent travail, s'est produit dans une distillerie pétrolifère située dans la ville de La Plata (Argentine) où l'on était en train de réaliser des travaux d'extension, dont le contrôle de montage avait été sous-traité à une entreprise privée s'occupant de gammagraphie industrielle.

Pour des raisons, qui présentent l'objet d'enquêtes administratives et judiciaires, une source de 13 curies de césium 137 se trouva sortie hors du blindage d'un des équipements, lorsque fut terminée l'inspection d'une soudure.

Un ouvrier soudeur de l'entreprise chargée du montage, un Bolivien âgé de 37 ans, trouva sur le sol — selon ses déclarations — un objet métallique brillant que, par ses forme, dimension et aspect, il crut être un boulon échappé d'un instrument et, sans savoir qu'il s'agissait de la capsule radioactive mentionnée ci-dessus, il la mit dans une des poches de son pantalon de travail pour l'examiner ultérieurement rapidement dans ses mains. Ce fait se produisit le 3 mai 1968 dans la matinée. Ce même jour, dans l'après-midi, l'ouvrier sentit

* Commission Nationale d'Energie Atomique - République Argentine.

des douleurs dans la cuisse qu'il interpréta comme étant d'origine musculaire. Le 5, dans la matinée, les gênes s'accrochèrent et de l'érythème, de la tuméfaction et des ampoules apparurent sur la face antérieure des deux cuisses et, à cause de cela, il fut hospitalisé sous le diagnostic de brûlures d'origine inconnue.

Récemment, le 27 mai, la Commission Nationale de l'Energie Atomique fut avertie de la perte de la source radioactive et on établit une relation avec l'affection de l'ouvrier accidenté dont l'origine paraissait due à des radiations, en trouvant la capsule dans son pantalon de travail déposé au vestiaire de l'entreprise depuis son dernier jour de travail.

C'est dans cette circonstance que les auteurs de cette communication observèrent l'accidenté pour la première fois.

II - RECONSTITUTION DOSIMÉTRIQUE

Des informations fournies par l'accidenté et ses chefs, ressortent les chiffres suivants d'intérêt dosimétrique :

a) La source fut trouvée par l'ouvrier dans le « milieu de la matinée » du 3 mai (on suppose que le fait se produisit approximativement vers 10 heures) et il la garda dans une des poches intérieures de son pantalon jusqu'à la cessation de ses travaux journaliers à 17 heures.

b) Le jour suivant, lorsqu'il retourna au travail, il montra dans le vestiaire l'objet trouvé à ses compagnons de travail, il le mit de nouveau dans sa poche, et accomplit une journée de travail de 10 heures 30 minutes. Etant donné la forme des lésions que présente l'accidenté et la reconstitution de l'irradiation que l'on commentera plus loin, on estime que la source radioactive fut conservée dans l'autre poche antérieure du pantalon. De cela, il résulte que la capsule se serait trouvée sur la cuisse droite pendant 7 heures et sur la gauche pendant 10 heures 30 minutes.

c) En raison de la situation et de la dimension de la canalisation, où l'ouvrier accidenté réalisait les soudures, on estime que, durant un cinquième de son temps de travail, il fit ses travaux en position accroupie.

Dans le but de connaître la distribution relative des doses dans le corps, on effectua la reconstitution de l'irradiation en utilisant un ensemble de dosimètres thermoluminescents, une source scellée de 50 millicuries de césium 137 et un fantôme.

Ce dernier, du type REMAB, fut placé pendant 20 % du temps total d'irradiation en position assise et le reste en position debout. Les petits bâtons de fluorure de lithium furent placés dans les cavités du fantôme et on obtint de cette façon les valeurs relatives de la dose dans lesdits points, par rapport à celle qui est produite à 1 cm de la source radioactive.

Pour obtenir les valeurs correspondantes en des points intermédiaires entre les cavités du fantôme, on répéta la même expérience avec un bac de lucite plein

d'eau, en mesurant de façon systématique les doses en des points situés sur un quadrillage de 2 cm de côté, représentant le plan sagittal du patient.

A priori, la connaissance des temps impliqués, les positions de la source durant l'accident et son activité, permettent de fixer les valeurs absolues des doses aux points pour lesquels la distribution relative a été obtenue au moyen de l'expérience décrite antérieurement.

Néanmoins, il existe évidemment une forte incertitude liée à l'information obtenue de la part de l'accidenté et de ses chefs, en particulier en ce qui concerne le temps et à la possibilité de mouvement de la source entre les deux poches et à l'intérieur de chacune d'elles. C'est pour cela qu'il est important de lier ces informations avec celles obtenues à partir des évaluations de dosimétrie biologique grossières. En effet, étant donné la zone où la source se trouva de chaque côté (en la supposant au point central de chaque liaison nécrotique initiale) et la distance mesurée à partir de ce point jusqu'au lieu le plus éloigné où on peut encore observer des effets déterminés, on peut estimer de façon approchée les doses de référence, c'est-à-dire les doses à 1 cm des positions respectives de la source sur chaque cuisse. Les effets considérés furent la dépilation, la radiodermite exsudante qui fit une apparition rapide, l'extension finale des lésions de radiodermite exsudante et la desquamation épidermique sèche. On prit comme limites inférieures de doses pour ces lésions : 400 [1], 2 000 [2], 1 000 [3] et 500 rads [4] respectivement.

Evidemment, les estimations de doses obtenues par cette méthode sont très imprécises. Néanmoins, les résultats obtenus à partir de chacune de ces lésions sont en accord acceptable entre elles et en accord, de plus, avec l'évaluation dosimétrique effectuée à partir de l'information reçue de l'accidenté et de la reconstitution avec le fantôme.

Dans des graphiques, on présente les valeurs moyennes de toutes les estimations mentionnées antérieurement, comme courbes isodoses superficielles, dans la coupe transversale de chaque cuisse et dans la coupe sagittale de l'accidenté.

Comme on peut voir sur lesdits graphiques, l'accident causa une irradiation fortement inhomogène du patient. On appelle l'attention sur le fait que les doses estimées pour la région gastro-intestinale et l'épigastre n'ont pas provoqué de signes clairs du syndrome prodromal. D'autre part, l'analyse complète du sang réalisée à 10, 25 et 29 jours du début de l'irradiation, montre des chiffres normaux, tant en nombre d'éléments que dans la formule leucocytaire relative. Une explication possible de ces deux faits serait la répartition de la dose en deux fractions qui totalisent environ 18 heures d'irradiation effective, durant une période totale de 36 heures.

Un autre travail dosimétrique effectué fut la détermination des aberrations chromosomiques dans le sang périphérique. En utilisant des techniques de culture et des méthodes d'analyse publiées antérieurement [5], [6], et [7], on a estimé la dose corporelle moyenne, à partir de la mesure de la fréquence d'apparition d'anomalies (12 sur 226 cellules) dans les cariotypes de cellules blanches, obtenant comme résultat une dose aux environs de 50 rads. La mesure de la fréquence d'apparition des anneaux et de chromosomes dicentriques (11 sur 226 cellules) dans un même cariotype indique une grande inhomogénéité dans la distribution des doses (7).

La valeur moyenne, mentionnée ci-dessus, paraît néanmoins confirmer l'absence de syndrome prodromal, en tenant compte d'une incertitude considérable due à divers facteurs, parmi lesquels se trouvent fondamentalement le temps écoulé entre l'irradiation et la prise des échantillons (un mois), le nombre très bas des anomalies détectées et la dispersion des valeurs dans la courbe de calibration effet-dose.

III - ÉVOLUTION DES LÉSIONS

Comme il est indiqué antérieurement, le patient fut hospitalisé le 5 mai 1968 dans une clinique privée recevant le personnel de l'employeur.

L'histoire clinique, qui couvre la période allant jusqu'à l'intervention des fonctionnaires de la Commission Nationale de l'Energie Atomique (laquelle eut lieu le 27 du même mois), contient les points d'intérêt suivants :

Le premier symptôme clinique fut une sensation de gêne et de lourdeur dans les cuisses à la fin de la première journée d'irradiation, qui alla en augmentant durant la journée du 4 mai. Dans les jours suivants apparurent rapidement des lésions avec des ampoules d'environ 15 cm de diamètre. Ultérieurement se formèrent de petites zones de nécrose qui confluent pour former des plaques de gangrène sèche sur les cuisses.

Environ une semaine après l'apparition des premiers symptômes et signes décrits auparavant, on observa le commencement d'un érythème dans la zone inguino-scrotale, suivi à brève échéance par des lésions de radiodermite exsudante.

Dans la main gauche se produisit, durant la seconde semaine, un érythème suivi de phlyctènes qui s'étendait sur la paume et les trois doigts du milieu. Dans la main droite, le patient commença à sentir des chatouillements et des picotements jusqu'à la fin de la troisième semaine.

Le 27 mai, l'accidenté présentait le tableau suivant :

a) *Etat général*

Le patient se trouvait assez « animé », sans douleurs ni gêne générale. L'appétit, la miction et la défécation étaient normales. Il avait une légère hyperémie sans symptômes fébriles, ce qui fut considéré comme normal étant donné l'importance des lésions locales. On n'observa pas de symptômes de dommage hémato-poétique.

b) *Lésions locales*

Le patient présentait des zones de radiodermite exsudante sur la face antérieure des deux cuisses. Les lésions avaient une extension approximativement de 14 cm de rayon sur la jambe gauche et de 12 cm sur la droite. Dans les deux cas, le bord des deux zones correspondait approximativement à l'isodose de 2 000 rads.

La partie centrale de chaque lésion présentait une zone de gangrène sèche d'environ 5 cm de rayon, dure au toucher et de couleur noire. Ces lésions montraient une grande tuméfaction, indice d'un intense œdème sous-jacent.

Dans la région inguino-scrotale, on observait une ample zone de radiodermite exsudante qui comprenait les bourses testiculaires et le pénis avec un

point de nécrose sur le bord du méat urinaire. Les zones adjacentes aux aires de radiodermite exsudante présentaient une augmentation de pigmentation très marquée, spécialement sur le pubis et les faces internes des cuisses. La dépilation du pubis et des jambes jusqu'au niveau des genoux était complète.

La main gauche montrait aussi une zone de radiodermite exsudante de la paume qui s'étendait aux phalanges de l'index, du majeur et de l'annulaire. De la même façon, on observait une zone de pigmentation accentuée de quelques centimètres de long sur le bord cubital du poignet et de l'avant-bras gauche.

Sur la main droite, il n'y avait pas de lésions apparentes.

Pendant la première semaine de juin, le patient fut transporté à l'Institut Municipal des Brûlures de la Ville de Buenos-Aires, restant dès lors sous la surveillance des médecins spécialistes de cet Institut. Déjà, pendant cette période, des dommages vasculaires se mirent à se manifester. Des biopsies de tissus sous-cutanés, réalisées dans la zone dont les doses étaient comprises entre 4 000 et 5 000 rads, montrèrent des artérioles bouchées par du tissu probablement collagène.

On décrit ensuite l'évolution postérieure des lésions en fonction de leur localisation :

a) *Lésions des cuisses*

Durant les trois premières semaines du mois de juin, la zone de radiodermite humide présenta une augmentation de surface arrivant approximativement jusqu'à la limite représentée par l'isodose de 1 000 rads. Dans le même laps de temps on observa l'apparition d'une desquamation épidermique sèche, qui s'étendit jusqu'à quelques 7 cm en dessous du nombril à la partie supérieure et presque jusqu'au bord du genou à la partie inférieure (isodose 500 rads).

Les zones hyperpigmentées furent les premières à présenter ce processus.

Dans le laps de temps compris entre le troisième et le cinquième mois, on observa la régénération de la peau dans la zone de desquamation sèche, la peau présentant des aires avec des défauts de pigmentation. De plus, dans les zones périphériques des lésions, l'exsudation diminua considérablement, une séparation plus nette se présentant entre les zones lésées et les zones apparemment moins affectées. L'évolution postérieure, néanmoins, montra que ces zones marginales étaient loin de présenter des tissus sains puisque, par la suite, elles recommencèrent à présenter des altérations macroscopiques visibles.

La caractéristique de la période mentionnée fut l'atrophie lente mais importante de la peau et des masses musculaires sous-jacentes et l'augmentation progressive de la douleur qui se localisait sous les eschares.

Vers le milieu du sixième mois les médecins, qui s'occupaient du patient, réalisèrent l'ablation chirurgicale de l'eschare gauche et tentèrent une greffe au moyen d'un greffon abdominal prélevé quelques semaines auparavant. Sous l'eschare on observa un tissu blanchâtre, dur et fibreux qui occupait la place des masses musculaires, laissant apparaître à sa partie centrale une partie du fémur et le paquet vasculo-nerveux fémoral. La greffe de peau ne fut pas un succès.

Le 14 novembre, le patient fit trois hémorragies successives au niveau de la lésion de la cuisse gauche, qui requérèrent la ligature des vaisseaux fémoraux et l'amputation du membre correspondant.

Avec un retard de deux mois, et sans que l'on tentât la greffe dans ce cas, le même phénomène se produisit dans la cuisse droite obligeant à une intervention similaire.

Durant le déroulement de tout ce processus, on ne tenta pas la prothèse artérielle parce que les médecins, intervenant, estimèrent que, à cause de la forte irradiation de toute la zone, cette solution avait peu de chances de succès.

b) *Lésions dans la zone inguino-scrotale*

La caractéristique de l'évolution des lésions dans cette zone fut la présence d'une atrophie testiculaire progressive, accompagnée d'un œdème croissant du scrotum. La peau des bourses testiculaires présenta dans les mois suivants des altérations successives cycliques de desquamation et d'apparente régénération. Un examen plus détaillé, néanmoins, montrait une atrophie épidermique relativement irrégulière, avec des zones d'hyperkératose.

A partir du huitième mois, une partie des zones atrophiées évolua jusqu'à l'ulcération près de la base du pénis.

A partir du dixième mois, on observa une petite zone de nécrose au bord pubien de l'arc inguinal droit, accompagnée d'une douleur intense dans ladite région. Actuellement, l'œdème scrotal diminue laissant place à un processus de sclérose qui comprend la totalité des bourses.

Quant au pénis, la lésion nécrotique du méat urinaire, qui correspondait au point de plus forte dose, se maintint tout le long de la période étudiée bien que, avec une apparente réduction de taille. De façon analogue, l'évolution se caractérisa par un processus œdémateux, qui se traduit par un phimosis qui persiste encore.

c) *Lésions des mains*

L'évolution de la radiodermite de la main gauche alla vers une apparente régénération de la peau durant la période comprise entre le second et le quatrième mois, laissant comme séquelle une peau lisse, fine et pigmentée, une atrophie marquée des doigts et une rétraction des tendons flexeurs avec limitation consécutive des mouvements des doigts.

Le bord cubital de l'avant-bras droit présenta un processus de desquamation sèche, de caractéristiques identiques à celles observées dans les zones marginales des lésions des cuisses et du pubis. Bien que les doses dans les mains soient pratiquement impossibles à évaluer en reconstituant l'accident, on estime par similitude que cette zone de desquamation sèche s'étendait entre les isodoses de 500 et 1 000 rads.

Les lésions dans la main droite apparurent avec approximativement 15 jours de retard, par rapport à la gauche (c'est-à-dire le mois de l'irradiation), avec d'égales localisation et caractéristiques, bien que de moindre intensité.

A partir du neuvième mois, le patient commença à sentir des chatouillements et des gênes dans les deux mains et on observa l'apparition de petites vésicules, suivies par la desquamation systématique et persistante dans les zones où étaient localisées les lésions antérieurement décrites.

Ce processus se maintient à l'heure actuelle avec des périodes de recrudescence accompagnées d'intense prurit suivies par des périodes de rémission.

L'évolution de toutes les lésions décrites antérieurement peut être appréciée dans les photographies ci-jointes, présentées en fonction du temps passé depuis le premier jour de l'irradiation.

IV - CONCLUSIONS

En accord avec ce qui est exposé antérieurement, la dosimétrie physique, réalisée à l'aide de l'information reçue du patient et de ses chefs, coïncide raisonnablement avec les chiffres de dosimétrie biologique généralement acceptés dans la littérature sur ce sujet.

A partir de cela, on estime que les évaluations résultantes peuvent être considérées comme correctes dans une limite de 30 %.

Si bien que les différents degrés de lésion de la peau (dépilation, desquamation sèche et radiodermite exsudative) sont de grande utilité pour la reconstitution dosimétrique et servent presque seuls pour effectuer le pronostic. Dans ce cas, la grandeur de l'irradiation des grands vaisseaux fémoraux et de leurs collatéraux (5 000 rads) paraît être l'élément de plus grande importance dans la formulation des pronostics quant à la conservation des membres inférieurs du patient. Dans ce sens, cela semble confirmer l'opinion des autres auteurs [8], en ce qui concerne la nécessité d'amputer précocement, évitant au patient des souffrances considérables. Cette décision ne peut se baser sur des considérations cliniques précoces et requiert évidemment une connaissance très bonne de la distribution des doses lors de l'accident.

L'avenir des lésions de la zone inguino-scrotale est encore incertaine. La stérilité, en accord avec la reconstitution dosimétrique, est complète et permanente. L'important œdème qui a caractérisé l'évolution des dix premiers mois laisse peu à peu place à un processus de sclérose qui peut résulter en d'importantes cicatrises de type déformant. Il est probable qu'il se produira l'apparition de quelques ulcères malins dans la région inguinale et scrotale dans les prochains mois et il est à craindre des complications (infections, fistules) correspondantes.

Les lésions des mains paraissent être entrées dans une période chronique avec des réactivations cycliques caractéristiques et leur pronostic immédiat est moins défavorable.

Il est probable que des futures greffes de peau, qui seront réalisées sur les doigts et la paume des mains, amélioreront considérablement l'avenir de ces extrémités.

En tous cas, on ne doit pas oublier que les hautes doses de radiations reçues dans la peau des zones de cicatrisation, des moignons, de la région inguino-scrotale et des mains, font que la probabilité d'évolutions malignes est considérable.

Remerciements

Les auteurs remercient la collaboration reçue du Docteur C.C. LUSHBAUGH de la « Medical Division of Oak Ridge Associates Universities », des Médecins de l'Institut Municipal des Brûlures de la ville de Buenos-Aires, et du personnel

de Gérance de la Protection Radiologique et Sécurité de la C N E A, qui collabora à la dosimétrie par thermoluminescence et à l'analyse des aberrations chromosomiques.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] RUBIN P., CASARETT G.W. Clinical Radiation Pathology. Vol. I, Chapter 3 (1968). W.B. Saunders Eds.
- [2] PATERSON R., The Treatment of Malignant Disease by Radium and X - Rays (1956). Edward Arnold, Ltd. London.
- [3] CONARD R.A. « The effects of fallout radiation on the skin ». Proceedings of The Shorter-Term Biological Hazards of a Fall-out Field - Déc. 12-14 (1956) - Washington D.C.
- [4] LUSHBAUGH C.C. (Medical Division Oak Ridge Associates Universities - Oak Ridge - Tennessee) Communication personal.
- [5] MOORHEAD P.S., NOWIL P.C., MELLMAN W.J. *et al.* Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood. *Expl. Cell. Res.*, **20** - (1960), 613.
- [6] BENDER M.A., GOOCH P.C. Persistent chromosomes aberrations in irradiated human subjects. *Rad. Res.*, **16** (1962), 44.
- [7] VANDER ELST E., GIMENEZ J.C., BENINSON D.J. Utilizacion del indice de aberraciones cromosomicas como dosimetro biologico - Comision Nacional de Energia Atomica - Public. n° SI-1, Buenos-Aires (1967).
- [8] LANZL H., ROZENFELD M.L., TARLOV A.R. Injury due to accidental high dose exposure to 10 Mev electrons. *Health Physics*, **13** (1967), 241.

Lésions aux mains 27 jours après l'irradiation

Lésions aux mains 53 jours après l'irradiation

Lésions dans la zone inguino-scrotale et aux cuisses
(120 jours après l'irradiation)

Lésions dans la zone inguino-scrotale et aux cuisses
(246 jours après l'irradiation.)

Lésions dans la zone inguino-scrotale et aux cuisses (277 jours après l'irradiation).