

# Conseqüências Médicas das Explosões Atômicas

SAMUEL BARNESLEY PESSOA \*

Quando o urânio 233 ou 235 ou o plutônio 239, em massas subcríticas, são unidos em massa única (massa crítica), produz-se uma reação em cadeia, que dura cerca de um milionésimo de segundo, libertando de maneira explosiva uma extraordinária quantidade de energia. Há produção de calor um milhão de vezes maior que o despreendido pela explosão da mesma massa de TNT. A temperatura no instante da explosão se aproxima então daquela da região central do sol, formando uma "bola de fogo" que, à medida que irradia sua energia, também se dilata, do que resulta diminuir sua temperatura, sua pressão e luminosidade. Assim, 0,1 de milissegundo após a explosão, seu raio é de 15 metros e sua temperatura, de 300.000°C; sua luminosidade a 10 km é 100 vezes a do sol. Depois, durante 15 milissegundos, a bola de fogo continua a crescer, atingindo um raio de 100 m; a temperatura é agora de 5.000°C e uma onda de choque se destaca da bola de fogo e se locomove à velocidade de 5 km/seg. Um segundo após a explosão, a bola de fogo atinge seu diâmetro máximo de 157 m, e a onda de choque progride até 3,6 km em 10 segundos; então, perde ela toda sua potência.

A onda de choque determina uma compressão seguida de um rarefação; há, entretanto, condensação do vapor de água da atmosfera e formação de um nevoeiro, que se dissipa quando o ar volta à sua pressão normal. Um segundo após a explosão, a bola de fogo, formada de gases incandescentes muito leves, se eleva rapidamente e, resfriando-se cada vez mais, condensa todos os elementos vaporizados que a constituem: produtos da fissão, urânio ou plutônio oxidados, compostos nitrados de cor amarelada, grande quantidade de vapor de água, poeiras volatilizadas, etc., formando o clássico "cogumelo". Se a explosão se deu a menos de 140 m de altura, a bola de fogo atinge o solo e aspira areia e terra, cavando uma cratera. Chegando à estratosfera (15 a 20 km), a nuvem se expande lateralmente num raio de muitos quilômetros, e as outras poeiras, constituídas em grande parte de substâncias radioativas, caem novamente no solo ou são dispersadas pelas correntes aéreas, sob a forma de nuvens radioativas.

## EFEITOS SOBRE O HOMEM

Podemos dividir os efeitos das explosões atômicas sobre os seres vivos e especialmente sobre o homem, de acordo com o que aconteceu e vem acontecendo em Hiroshima e Nagasaki, em três períodos: imediatos, tardios e remotos.

### *Período imediato da explosão atômica*

Este período é também denominado agudo. Estende-se do momento da explosão ao fim da segunda semana. Em Hiroshima e Nagasaki foi o período crítico, aquele onde a mortalidade foi máxima: 90% das mortes ocorreram dentro desta fase; assim, em Hiroshima, sobre um total de 80.000 mortes, 72.000 se produziram durante ela, sendo que cerca de 60.000 morreram no dia do bombardeio. As mortes, bem como os ferimentos ou as lesões neste período são devidas a: efeitos mecânicos, térmicos, luminosos e das radiações. Em geral, não se apresentam isoladamente, porém se combinam, determinando fatalidades, ferimentos, lesões e doenças.

Conferência pronunciada na sessão solene de 25 de abril de 1955, realizada no Centro Médico de Ribeirão Preto, por ocasião da posse da nova Diretoria. Extraído da Revista Paulista de Medicina, Vol. 48 — N.º 3, março 1956.

\* Professor Catedrático (aposentado) de Parasitologia Médica da Fac. Med. da Univ. de São Paulo. Professor honoris causa das Fac. Med. das Universidades do Recife e da Paraíba. Antigo Diretor Geral do Departamento de Saúde do Estado de São Paulo.

1. *Efeitos mecânicos* — a) *Concussão pulmonar*: Como vimos, a explosão da bomba cria uma onda de compressão positiva, seguida de outra negativa de sucção, no valor de cerca de 100.000 atmosferas, determinando no tórax a lesão denominada concussão pulmonar ou “blast injury”. Esta pode ser imediatamente mortal ou traduzir-se pela síndrome de concussão. As ondas de pressão positiva causam extensas lesões pulmonares, sem sinais de comprometimento externo. As lesões são ocasionadas pelo impacto da onda de compressão contra a parede torácica e não através da árvore tráqueo-brônquica. Nas zonas mais próximas do epicentro da explosão, a morte pode verificar-se instantaneamente, sem lesões aparentes. Para uns, devido à brusca compressão extratorácica, haveria compressão dos tecidos do tórax, com suspensão da circulação e mortificação dos mecanismos reguladores do funcionamento cardiovascular e respiratório. Para outros, o aumento brusco da depressão intratorácica produz um refluxo do sangue venoso para o espaço crânio-vertebral, donde um aumento súbito da pressão do líquido cefalorraquídeo, que, comprimindo os centros bulbares, ocasionaria a morte. Quando não ocorre a morte imediata, temos a síndrome de concussão: o paciente apresenta-se cianótico, aparece taquipnéia, instalando-se com rapidez um quadro de choque, desproporcionado às lesões aparentes.

b) *Esmagamento*: A síndrome de esmagamento ou “crush syndrome” foi observada em grande número de casos em Hiroshima. Se bem que os pacientes se apresentassem, em geral, em boas condições ao serem retirados dos escombros dos edifícios, verificava-se, logo depois, um quadro grave de choque, em todos que tinham sofrido prolongada compressão dos membros, com queda da pressão sangüínea, edema dos membros atingidos e sinais de insuficiência renal progressiva. As necrópsias demonstravam alterações degenerativas dos rins e zonas de necrose nos músculos esmagados. Price e col. provocaram experimentalmente esta síndrome em animais e estabeleceram que, embora não esteja claro o mecanismo pelo qual se produzem as alterações renais e supra-renais, o certo é que a compressão prolongada dos tecidos moles determina tais lesões, e que estas perturbam profundamente as funções orgânicas de importância vital. Eliminavam-se rapidamente sangue e proteínas, penetrando o primeiro nos tecidos comprometidos e desaparecendo as últimas sem que se possa explicar o seu destino.

2. *Efeitos térmicos* — No centro da explosão forma-se, como vimos, uma bola de fogo cuja temperatura central atinge muitos milhares de graus. Durante o curto instante em que subsiste esta bola de fogo, o calor irradiado é considerável. O fenômeno é tão rápido que os corpos que recebem esta irradiação não têm tempo de dispersá-lo por condução: sua superfície pode ser levada instantaneamente a uma temperatura muito alta, sem que o interior seja afetado. Em consequência, os efeitos observados foram por vezes muito curiosos; assim, até 2,5 km do centro da explosão as pedras de granito polidas tornaram-se rugosas pelo calor, exceto nos lugares protegidos por um objeto interposto, que pode mesmo ser volatilizado; esta rugosidade é devida às diferenças entre os coeficientes de dilatação dos diversos cristais de rocha.

a) *Volatilização*: O asfalto das ruas conservava as marcas dos pés dos transeuntes que foram literalmente volatilizados, e dos quais não restou o mínimo traço. A temperatura da pele de um indivíduo exposto à distância de 3,5 km pode alcançar 50°C no primeiro milionésimo de segundo.

b) *Queimaduras diretas*: Estas altas temperaturas determinaram numerosas queimaduras muito graves (fig. 1). A diferença entre as queimaduras da bomba atômica (BA) e as observadas na clínica civil reside em que as primeiras são resultado da exposição rápida a altas temperaturas, enquanto as da vida civil são devidas à exposição a temperaturas relativamente baixas. Até hoje não se sabe como esta diferença afeta as lesões locais, seu efeito sobre o organismo em geral, seu decurso clínico e sua taxa de mortalidade<sup>19</sup>.

c) *Queimaduras indiretas*: Além das queimaduras diretas da explosão atômica, houve numerosas provocadas pelos incêndios causados pela explosão, bem como pelas roturas de canalização de gás, explosões de depósitos de combustíveis, etc. As queimaduras indiretas ou secundárias nada apresentam de especial em relação às queimaduras vulgares.

Segundo Tsuzuki<sup>27</sup>, 90% dos japoneses que procuraram os hospitais na primeira semana após a explosão da BA o fizeram devido a queimaduras térmicas. Em Hiroshima houve cerca de 70.000 casos de queimaduras, dos quais 40.000 muito graves. A associação entre queimadura e ação radioativa agrava muito o prognóstico.

*Intensidade dos efeitos mecânicos e térmicos* — Segundo os autores norte-americanos, os efeitos da BA mostram variações de intensidade proporcionais à distância que medeia entre o epicentro da explosão e o objeto atingido. Estão concordes em delimitar zonas concêntricas em cujos raios de ação caracterizam e classificam os diferentes efeitos da BA. A primeira zona corresponde uma superfície circular de 1,5 km de raio, a partir do epicentro da explosão; é a zona de morte, pois os efeitos traumáticos, aos quais se unem o máximo de calor e irradiações, aí são formidáveis; praticamente, nesta área tudo é queimado. As taxas de morte, de acordo com a distância do epicentro do fenômeno, foram, segundo a Universidade de Tóquio (1945): até 0,5 km, 98,4%; de 0,6 a 1 km, 90%; de 1,1 a 1,5 km, 45%. Até um raio de 3,5 km todos os edifícios de madeira e alvenaria são destruídos, escapando de completa ruína somente os de concreto reforçado, si-



Fig. 1 — Queimadura direta pela BA em Hiroshima, devida à exposição rápida a altas temperaturas.



Fig. 2 — "Pattern burns" (queimaduras em tatuagens) devidas à proteção oferecida pela roupa clara (apud Behrens<sup>2</sup>).

tados na periferia da zona; tudo no seu interior é completamente destruído. As tremendas ondas de pressão que se desenvolvem do centro da explosão para a periferia são perceptíveis até a distância de 20 km. Formam-se, por conseguinte, violentas rajadas de vento que levantam e projetam com violência restos de materiais em todas as direções. Desta forma, se por acaso escapar da explosão original, pode um indivíduo ser ferido ou esmagado alguns segundos mais tarde. Finalmente, estes fortes ventos contribuem para formar combustões e incêndios secundários, aumentando o caos geral determinado pela explosão. Este efeito é denominado "tempestade de fogo" e áreas situadas a mais de 10 km do epicentro da explosão podem queimar-se inteiramente.

3. *Efeitos luminosos* — a) *Queimaduras devidas ao clarão*: Além das queimaduras térmicas, temos as devidas ao clarão, ou "flash burns", isto é, pela luz visível, raios ultravioletas e infravermelhos. São pouco profundas e muito extensas, o que as torna graves; produzem-se apenas sobre o lado do corpo voltado para o centro da explosão (queimadura de perfil ou "profile burns"). São evitadas por meio de um envoltório mínimo de roupa, sendo que as vestes brancas protegem mais que as escuras. Verdadeiras tatuagens foram vistas nos sobreviventes japoneses, em que as porções claras da roupa protegiam a pele, ao passo que as escuras não o faziam ("pattern burns" [fig. 2]).

b) *Lesões oculares*: Assinalam-se ainda, devido à intensa luminosidade, frequentes danos, permanentes ou não, à visão. Mesmo à distância de 15 km observaram-se casos de cegueira temporária pelo fato de ter sido fitado diretamente o clarão da bomba, visível até 360 km. Em vários doentes falecidos entre 1 a 1,5 mês após a explosão e que ficaram totalmente cegos, foram observadas lesões dos olhos, que podiam ser atribuídas aos raios ultravioletas e que consistiam na desepitelização da córnea, vacuolização do cristalino e espessamento de sua cápsula posterior.

4. *Efeitos das radiações* — A onda térmica, ou “ventos de fogo”, o choque devido às diferenças de pressões positivas e negativas, são efeitos ordinários das explosões em geral; no caso da BA há somente uma diferença de escala, na verdade colossal. Pelo contrário, as radiações penetrantes são elementos diferentes, novos. Pode-se esquematizar da seguinte forma os diversos fenômenos: 1) emissão quase instantânea, quando da explosão, de um fluxo enorme de neutrons e de raios  $\gamma$ , muito penetrantes; 2) estas radiações, em particular os neutrons, provocam, na maioria das substâncias que atravessa, a formação de novos elementos radioativos; 3) os produtos de fissão dos núcleos do urânio e do plutônio são radioativos e emitem, com períodos diversos (de alguns segundos até muitos anos), raios  $\beta$  e  $\gamma$ ; 4) os fragmentos da BA que não entram em fissão (cerca de 1/10) são radioativos e emitem raios  $\alpha$ . Assim, a dispersão dos produtos de fissão e dos materiais fissíveis não desintegrados, pelas nuvens radioativas, é suscetível de contaminar zonas muito distantes do centro da explosão.

Vejamos ligeiramente as principais propriedades das diversas radiações emitidas pelos radioelementos quando se desintegram: 1 — *Raios  $\alpha$*  (núcleo do hélio). Pouco perigosos sob o ponto de vista de radiação externa, pois não penetram através da pele sã. Entretanto, são perigosíssimos devido a seu tremendo poder de ionização, se penetrarem no corpo por via respiratória ou gastrointestinal, ou através da pele ulcerada por queimaduras, ferimentos, etc. (radiação interna); 2 — *Raios  $\beta$*  (eléctrons). São tão perigosos como as partículas  $\alpha$ , quando inalados ou ingeridos. Possuindo, além disso, certo poder de penetração, determinam queimaduras do tegumento muito graves; 3 — *Raios  $\gamma$*  (fótons muito enérgicos). Possuem alto poder de penetração, podendo atravessar uma parede de cimento de 30 cm ou de terra, de 90 cm de espessura. Como podem difundir-se em todas as direções, determinam em indivíduos expostos uma radiação total do corpo, que alcança mais de 2 km do epicentro da explosão. Devido à propriedade de difusão dos raios  $\gamma$  e a sua alta potência de penetração, edifícios e abrigos comuns não têm valor contra eles e muitos que escaparam de fogo e dos “ventos de fogo” foram atingidos dentro das habitações e vieram a apresentar a doença atômica. 4 — *Neutrons*. Estas partículas, causa e resultado da fissão da bomba, têm grande poder de penetração e até edifícios de concreto não oferecem boa proteção contra seus efeitos. O maior perigo dos neutrons é possuírem a propriedade de bombardear outros elementos que entram na constituição de alimentos, remédios, etc. Tais substâncias, assim atingidas pelos neutrons, começam então a emitir raios  $\alpha$  e  $\gamma$ . Assim, a água, se contiver substâncias minerais, torna-se fortemente radioativa. O sódio do mar é particularmente suscetível, pois, sofrendo ação dos neutrons, transforma-se em sódio radioativo ( $\text{Na}^{24}$ ) que, emitindo uma partícula  $\beta$ , transforma-se no magnésio inativo. Vários outros elementos, todavia, podem tornar-se radioativos, se expostos ao efeito dos neutrons.

a) *Fatores que afetam a letalidade por exposição às radiações da BA*: Vários fatores afetam favorável ou desfavoravelmente a letalidade por exposição total do corpo à radiação das explosões atômicas. São eles: a *idade* (em geral, crianças e indivíduos idosos são menos resistentes), o *sexo* (as mulheres parecem ser um pouco mais resistentes), a *raça* (parece não haver diferenças raciais; tem-se verificado, entretanto, que animais selecionados são menos resistentes que os de raças comuns) e o *ambiente* (o frio, os traumatismos, a fome, o exercício muscular aumentam a letalidade a determinada dose de radiação).

b) *Síndrome de irradiação*: A explosão da BA determina a irradiação dos seres vivos numa área de extensão ainda não bem calculada. Quando alcança proporções clínicas, as vítimas apresentam a síndrome de irradiação, também denominada doença atômica, que, de acordo com a dose e o tempo de exposição, pode ser aguda ou crônica. Os autores, em geral, dividem a síndrome de irradiação aguda em três formas principais: fulminante, hemorrágica e pancitopênica.

A síndrome de irradiação *fulminante* se desenvolve consecutivamente à absorção de grandes doses e sempre termina com a morte em prazos máximos de 7 a 10 dias. Sua evolução é rapidamente progressiva, iniciando-se com um período de vômitos que pode durar 12 horas. Ao cabo de 24 horas, o doente torna-se muito prostrado, com febre e diarreia; nos primeiros 5 dias aparecem petéquias e púrpura. A temperatura sobe rapidamente, o paciente mostra debilidade, hipotensão e taquicardia. Os glóbulos brancos diminuem até leucopenias extremas de 400 ou 200 células por  $\text{mm}^3$ ; invariavelmente há plaquetopenia, podendo, porém, o número de hemácias manter-se normal. A morte sobrevém habitualmente em 7 a 10 dias.

A síndrome de irradiação *hemorrágica* apresenta-se consecutivamente à absorção de doses mais moderadas que as necessárias para produzir a síndrome precedente. Também é de evolução fatal, em um prazo de 4 a 6 semanas. Inicia-se ao cabo de 24 horas após a irradiação, com náuseas, vômitos e diarreia, que duram 24 ou mais horas e se atenuam, recuperando a vítima o aspecto de saúde aparente. Depois de 10 a 20 dias de bem-estar relativo, reaparecem transtornos bem definidos, sendo um dos mais característicos a queda de cabelos. Além da debilidade e mal-estar geral, aparecem, como manifestações patognomônicas, púrpura, petéquias e hemorragias orificiais. Seguem-se ulcerações orofaríngeas, com

hemorragias e angina agranulocítica. A evolução geral caminha com febre, diarreia com melenas, hematêmese e hematúria, terminando na morte em prazos não maiores de 6 semanas. Só muito raramente evolui para a cura.

A síndrome de irradiação pancitopênica caracteriza-se pela aplasia medular. Inicia-se, como a forma precedente, com náuseas, vômitos e diarreia leve, ao mesmo tempo com mal-estar generalizado. Estes pródromos, que podem faltar, mantêm-se durante 24 a 48 horas, atenuam-se até a volta a um estado aparente de saúde. Ao cabo de 3 a 5 semanas de latência, aparecem sintomas outros como epilação, estomatite, faringite e diarreia, aparecendo em seguida os sintomas patognômicos de anemia.

c) *Quadro geral da doença atômica*: Nem sempre as formas anteriormente descritas se manifestam com nitidez, podendo haver quadros menos nítidos da irradiação. Também a gravidade das manifestações clínicas não pode guardar relação com as doses recebidas. Os sintomas iniciais, em quaisquer das formas, são sempre semelhantes: mal-estar, náusea, vômitos, diarreia, anorexia, etc., que desaparecem dentro de 24 a 48 horas, para reaparecerem de novo após alguns dias. O intervalo entre os sintomas iniciais e os subseqüentes foi denominado período latente. Tal período, em geral, é tanto mais curto quanto mais forte foi a dose de radiação recebida pelo paciente, podendo mesmo desaparecer completamente se a dose irradiada foi suficientemente alta. Outras vezes, é tão precoce e completo que permite ao doente grandes esforços. Em Hiroshima observaram-se pessoas irradiadas que puderam caminhar grandes distâncias. Após o período de latência, que pode durar uma semana ou mais, sobrevêm infecções generalizadas, hemorragias cutâneas e lesões extensas do tubo digestivo, testemunhadas por dôres abdominais e violenta diarreia. A febre, que quase nunca falta, oferece várias modalidades, sem fisionomia própria. É devida, nas fases iniciais, à destruição tissular e, nas etapas terminais, à infecção, em forma de gangrena orofaríngea, feridas cutâneas e broncopneumonia. No aparelho cardiovascular, as manifestações predominantes são as que correspondem ao choque, com conseqüente hemoconcentração, e demais perturbações humorais típicas. Têm-se assinalado variadas arritmias e diversas alterações eletrocardiográficas e, nos estados mais avançados, é freqüente e pericardite. As perturbações hemáticas consistem em neutrofilia imediata, com neutropenia subseqüente. A linfopenia é precoce; encontra-se ainda trombocitopenia. A anemia pode ser tardia, com queda muito acentuada dos glóbulos vermelhos, que podem atingir até 800.000 por  $\text{mm}^3$ , ou menos, sem reticulócitos. A agranulocitose determina queda das defesas gerais do organismo, facilitando sua invasão por microorganismos saprófitos do tubo digestivo. As lesões hepáticas são raras, porém, coincidindo com os processos de hemólise, pode encontrar-se insuficiência hepática terminal.

d) *Anatomia patológica da doença atômica*: A sintomatologia da doença atômica é explicada pela ação violenta da radiação sobre todos os órgãos do corpo. No organismo, as radiações penetram nas células e ionizam a matéria viva, isto é, em sua passagem por esta, os átomos constitutivos perdem uma parte de seus elétrons e não são mais eletricamente neutros. Estas perturbações eletrostáticas provocam alterações moleculares que determinam a morte das células ou graves perturbações químicas entre as células dos tecidos. A sensibilidade das células perante as radiações penetrantes é definida pela lei de Bergonié-Tribondeau: "os órgãos em intensa renovação são os mais sensíveis, pois os raios são um veneno da renovação celular". Assim, os órgãos especialmente sensíveis são: os órgãos hematopoiéticos ou formadores do sangue, o tubo digestivo, a epiderme e as glândulas sexuais.

Os centros linfóides (gânglios linfáticos, foliculos do tubo digestivo) e a medula óssea (produtora de hemácias, de polimorfonucleares, de trombócitos) são lesados, com maior ou menor intensidade, temporária ou definitivamente, conforme a dose da radiação. Os glóbulos adultos já em circulação no sangue são radio-resistentes, pelo que as modificações da fórmula sanguínea só aparecem depois desses elementos adultos desaparecerem da circulação, em conseqüência de sua morte natural, ou sejam 2 a 3 dias para os leucócitos, 8 dias para os trombócitos e cerca de 12 a 15 semanas para os eritrócitos. Na medula óssea observa-se depleção da maior parte das células hematopoiéticas; as células reticulares não são, porém, lesadas, são radio-resistentes. O doente entrará em profunda anemia e, se não houver regeneração, permanecendo a medula aplástica por mais de 6 a 8 semanas, virá a falecer. Quando aos gânglios, verifica-se serem os linfócitos as células do corpo mais sensíveis às radiações; há depleção destas células (fig. 3), que se inicia logo após a exposição às emanações radioativas; o número de linfócitos pode cair a menos de 90%. No Japão verificou-se: 1) leucopenia precoce, intensa, indo até 200 leucócitos por  $\text{mm}^3$  e, mesmo, em certos casos, o desaparecimento completo destes elementos do sangue; a leucopenia é de notável constância; 2) anemia, em geral tardia, também pronunciada; a anemia se processa pela falta de produção de novas hemácias, pelo aumento de sua destruição e pelas hemorragias; 3) profunda trombocitopenia, manifestando-se por alterações da coagulação.

A membrana mucosa do *tubo digestivo*, desde a boca ao ânus, é lesada. Aparecem múltiplas hemorragias petequiais difusas; as paredes tornam-se edemaciadas, principalmente as tûnicas submucosas e superitoneal (fig. 4). Ocorre também ulceração do epitélio, principalmente no estômago (figs 5 e 6) e grosso intestino.

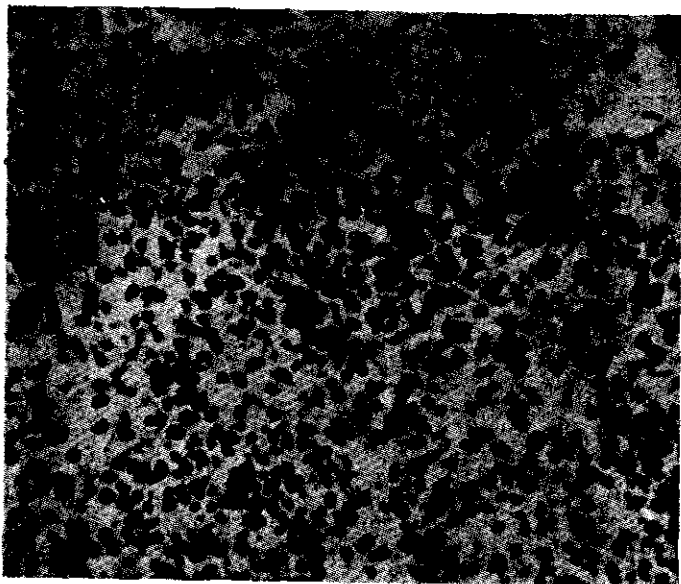


Fig. 3 — Nódulo linfático, edemaciado e com notável depleção de linfócitos. Necrópsia de japonês morto 9 semanas após o bombardeio de Hiroshima (apud Tullis e Warren<sup>28</sup>).

A ação dos raios sobre a *epiderme* revela-se pela epilação. As células germinativas nos bulbos pilosos são muito radiosensíveis e morrem rapidamente, mas o pêlo fica aderente durante alguns dias. Cerca de 15 dias depois da explosão os pêlos começam a cair. Não se observam, porém, alopecias totais, voltando, em geral, os cabelos a nascer e crescer cerca de 2 a 3 meses depois.

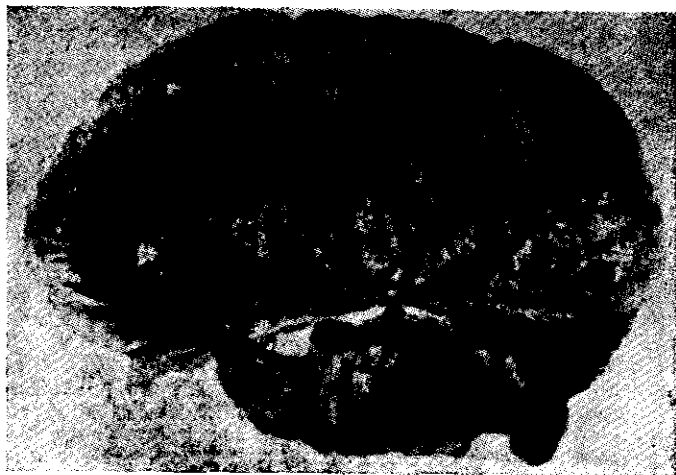


Fig. 4 — Gastrite hemorrágica e necrótica. Necrópsia de japonês morto 24 dias após a explosão (apud Kusano<sup>13</sup>).

Os *ovários* são menos sensíveis às radiações do que os *testículos*. Estes tornam-se hemorrágicos e edemaciados. Ulteriormente, eles se atrofiam, tornando-se pequenos e fibrosos. O resultado é a azoospermia; indivíduos expostos até 2 km do epicentro da explosão apresentaram azoospermia durante muitos meses. Em alguns, a função deste órgão foi totalmente perdida. Na mulher podem sobrevir a amenorréia e a esterilidade.

Os *pulmões* são, em geral, lesados. Os septos mostram-se espessados e congestionados; nos alvéolos encontram-se sangue coagulado e fibrina. *Rim* e *cérebro* mostram-se hemorrágicos. No *baço* há depleção dos linfócitos (fig. 7).

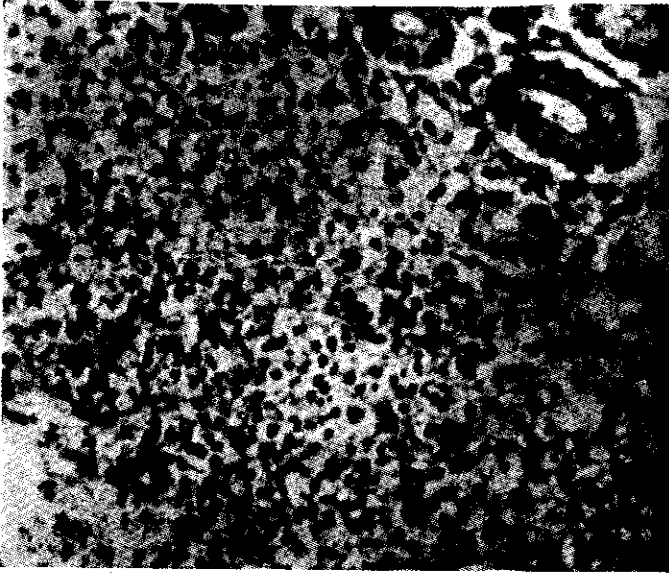


Fig. 5 — Margem de úlcera do intestino grosso, mostrando necrose das glândulas e resposta celular muito discreta. Notar o edema e infiltração fibrinosa. Necropsia de japonês morto 11 dias após a explosão (apud Tullis e Warren <sup>26</sup>).

e) *Patogenia da doença atômica*: Várias teorias foram aventadas, como a da *inibição enzimática* (a irradiação da água determina a produção de corpos altamente oxidantes, e como ela é a mais abundante substância do corpo, oxida, agora, os grupos sulfidrílicos, parte ativa de numerosas enzimas e os transforma em enzimas inativas, dissulfídricos), a da *alteração da permeabilidade das membranas celulares* (devido às radiações, altera-se a permeabilidade das membranas e as células, absorvendo água, formam numerosos vacúolos, até dentro dos núcleos; daí, aumento da pressão osmótica intracelular e lesões dos tecidos), a da *produção*

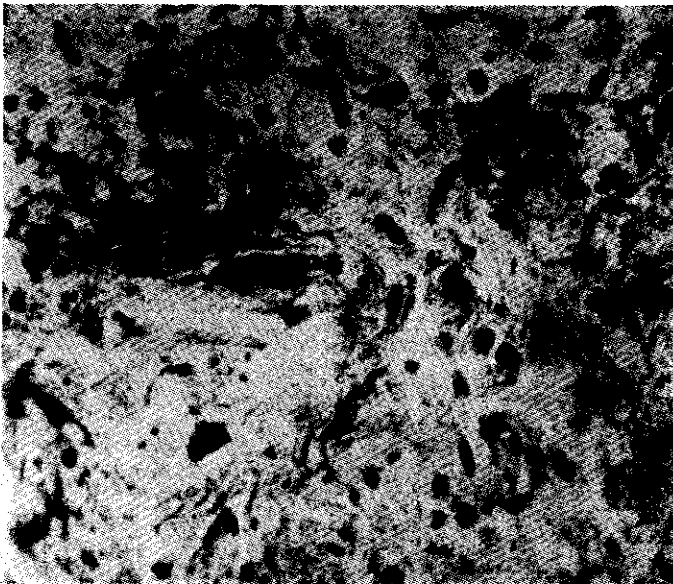


Fig. 6 — Submucosa da ulceração da figura 5. Notar os fibrócitos gigantes multinucleados, de forma bizarra, edema e hialinização de tecido conjuntivo (apud Tullis e Warren <sup>26</sup>).

e absorção de substâncias tóxicas (os autores dão grande importância na determinação da doença atômica à absorção de substâncias tóxicas, tais como produtos bacterianos pirogênicos, enterotoxinas, histamina, etc., que se libertam devido às lesões dos tecidos), a da *auto-sensibilização* (devida à absorção de substâncias modificadas, subsequente às necroses teciduais; daí, o período de latência, às vezes muito longo; o fenômeno terminal se assemelha a uma reação anafilática) e a do "stress" ou síndrome de adaptação de Selye.

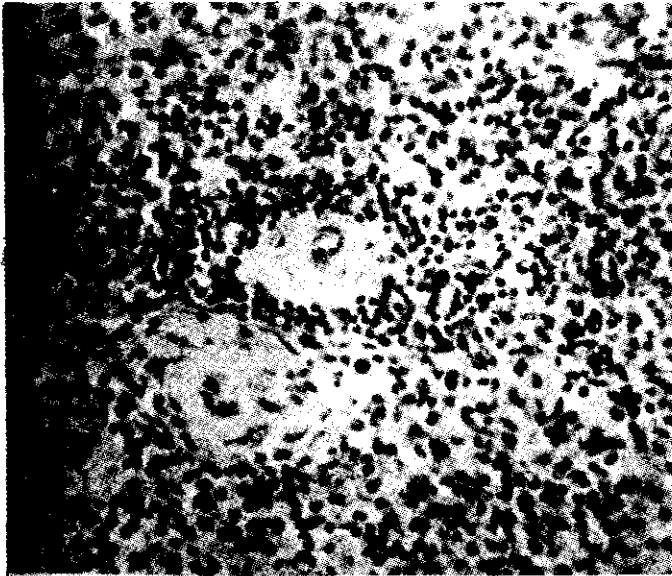


Fig. 7 — Baço mostrando depleção dos elementos linfóides nos nódulos linfáticos; hialinização e espessamento das paredes de duas arteríolas (apud Tullis e Warren<sup>28</sup>).

#### *Período tardio da explosão atômica*

Os acidentes tardios são múltiplos e se estendem além dos 4.º e 5.º meses. Temos, em primeiro lugar, as seqüelas devidas aos traumatismos e queimaduras (cicatrizes viciosas, queloidianas, contraturas), as seqüelas sanguíneas (anemia grave), a disfunção hepática e gastrintestinal. Anotaram ainda os médicos japoneses ressentimentos gerais, não só somáticos como psíquicos. A depressão mental é profunda, com crises de desespero, de pânico e de angústia constante. Aparecem fenômenos tardios, em que os pacientes exibem astenia, cefaléia e nervosismo.

#### *Período remoto da explosão atômica*

Os estudos sobre os acidentes remotos, devidos à explosão da BA, só começaram a ser feitos depois de 1948 e alguns só recentemente foram publicados. Até então pensava-se que os acidentes mais graves cessassem após 6 a 7 meses, com a morte ou cura dos indivíduos atingidos. Hoje os cientistas, principalmente japoneses e norte-americanos, vêm verificando uma série de perturbações patológicas graves que atribuem ainda à ação da BA seja direta, isto é, seqüências remotas da exposição às radiações na ocasião da explosão em 6 de agosto de 1945 em Hiroshima e 9 de agosto do mesmo ano em Nagasaki, seja indireta, devido ao aumento da radioatividade local, devido à contaminação do solo pelos produtos da fissão e à radioatividade induzida dos edifícios. Tais acidentes têm ocorrido não só em indivíduos com história da doença atômica (ou síndrome de irradiação) aguda, mas também em pacientes sem tal história. Os principais acidentes descritos até hoje, de que temos conhecimento, são os seguintes:

1. *Perturbações sanguíneas* — Numerosas doenças do sangue têm sido assinaladas, com ou sem debilidade geral. — As principais são: anemia aplástica, mieloma, eritremia e leucemias.

a) *Leucemia mieloide*: Esta grave doença, imprópriamente denominada câncer dos órgãos hematopoiéticos, vem sendo bem estudada entre os sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki (quadro 1). Assim, foi verificado grande aumento na incidência da leucemia entre os sobreviventes da explosão da BA. Verificaram que



os efeitos leucemogênicos das irradiações manifestam-se de maneira igual em ambos os sexos e em qualquer grupo de idade. Também dizem os autores que os 75 casos por eles estudados representam o número mínimo da doença entre os sobreviventes, pois numerosos outros não foram diagnosticados e vários foram omitidos devido à falta de material adequado para sua confirmação. Também fizeram ressaltar que muitos indivíduos adoeceram e morreram antes de 1947 e que *casos novos ainda estão aparecendo* entre a população daquelas duas cidades japonesas.

Distância do epicentro (em km)	População exposta				Não exposta
	0-1	1,1-1,5	1,6-2	Total	—
N.º de casos examinados ...	1.400	10.596	19.002	30.998	187.447
N.º de casos com leucemia ..	8	18	5	31	19
Relação .....	1:175	1:588	1:3800	1:1000	1:9837

Quadro 1 — Ocorência de leucemia em Hiroshima, na população exposta à explosão da BA, de acôrdo com a distância do epicentro da explosão (adaptado do trabalho de Yamazaki e col.<sup>20</sup>).

2. *Ação sôbre a gravidez* — Yamazaki e col.<sup>20</sup> estudaram em 1951 os resultados da explosão da BA sôbre as mulheres grávidas que residiam naquela ocasião em Nagasaki. Compararam os resultados obtidos em mulheres residindo até 2 km do epicentro da explosão, com mulheres, também grávidas, porém morando a distância maior. Entre as que residiam dentro da área de 2 km, a mortalidade fetal e infantil ascendeu a 60%. A mesmo mortalidade fetal e infantil alcançou 10% nas que moravam entre 2 a 4 km e 6%, nas que residiam em áreas distantes mais de 5 km do epicentro da explosão. Verificaram aquêles autores que o diâmetro craniano das crianças nascidas das mães da área de 2 km era significativamente menor do que o das crianças do grupo usado como contrôlo. Assim concluem os autores citados sôbre mais êste efeito remoto das radiações: quer agindo diretamente sôbre os fetos, quer indiretamente sôbre as tecidos maternos, são de grande importância na sobrevida e saúde das crianças. Enfim, numerosos estudos publicados recentemente vêm demonstrando que as crianças expostas à radiação da BA tornaram-se física e mentalmente retardadas.

3. *Ocorrência de monstruosidades e de outras anomalias congênitas entre as crianças expostas à BA em Hiroshima* — Como se sabe, são numerosos os fatores etiológicos das malformações congênitas. Hoje está experimentalmente estabelecido que os raios X ou o radium perturbam a diferenciação fetal, determinando malformações com grande regularidade. Também deve assinalar-se a alta frequência dos casos de microcefalia que se seguiram à irradiação materna. Esta alta incidência de idiotas microcéfalos é explicada pela suscetibilidade das células em multiplicação do sistema nervoso central às radiações. Plummer (1952), membro do Comitê da Academia Nacional de Ciências dos E.U.A.N. para estudos das conseqüências da BA no Japão, relata que examinou 205 crianças de Hiroshima que, na ocasião de seu estudo, estavam com 4½ anos de idade. Destas, 11 crianças tinham sido irradiadas ainda no estado fetal, a menos de 1.500 metros do epicentro da explosão. Das 11 crianças citadas, 7 (63%) eram idiotas microcéfalos, o que é um número verdadeiramente espantoso. Daí chegar o autor à conclusão de que as radiações da BA agem poderosamente sôbre o sistema nervoso central do feto, principalmente quando a mulher grávida se acha a menos de 1,5 km do epicentro da explosão e que não existem possibilidades de proteção eficiente, pois paredes de alvenaria ou de concreto não são eficientes contra a irradiação fetal direta. Quando às restantes crianças, expostas na vida intra-uterina, porém a maiores distâncias, nenhuma apresentava tal anomalia.

4. *Efeitos genéticos* — Segundo Warren e Draeger, dois especialistas norte-americanos em assuntos atômicos, "não existe nenhuma dose mínima de irradiação que seja inteiramente inócua para o organismo e que não possua a possibilidade de exercer efeitos genéticos". Como já assinalou a Comissão Internacional Médica para o Estudo dos Efeitos da BA e BH sôbre o Homem<sup>25</sup>: "investigações no campo da genética não podem ser completadas no decurso de uma única geração".

## RADIOATIVIDADE INDUZIDA

Como vimos, os neutrons que resultam da fissão da BA possuem a propriedade de bombardear outros corpos, induzindo assim a radioatividade artificial em outros elementos que constituem alimentos, remédios, etc. Segundo Kusano<sup>13</sup>, o iôdo e o arsênico contidos em edifícios de concreto tornam-se radioativos, emitindo raios  $\beta$  durante muitos dias após a explosão. Este mesmo autor faz notar que grande número de pessoas que vieram a Hiroshima, após a explosão da BA foram residir no Banco de Hiroshima, parcialmente conservado apesar de situar-se a 380 metros do epicentro da explosão. Cerca de 6 semanas depois, muitos começaram a mostrar-se doentes e naqueles examinados foi notada forte queda dos leucócitos (2.000 por mm<sup>3</sup>). Já no Hospital da Cruz Vermelha, edifício de concreto situado a 2 km do epicentro da explosão, não foram notados fenômenos idênticos. Também relata um caso de leucemia mielóide observado em pessoa que penetrou na zona central da explosão, alguns dias depois do lançamento da bomba. Pensa Kusano que, possivelmente, outros casos semelhantes surjam no futuro.

## RADIOATIVIDADE RESIDUAL

A radioatividade imediata projeta-se da bomba no momento da explosão e dura apenas pouco mais de 1 minuto. Seus efeitos sobre o organismo foram analisados anteriormente. A radioatividade residual permanece por um tempo maior, de minutos a semanas, meses ou anos, dependendo da qualidade do material radioativo. Também o material radioativo depositado pela explosão atômica varia de acôrdo com a altura em que ocorreu a explosão. Quando a explosão ocorre muito próximo do solo, como em Alamogordo, forma-se uma cratera que contém considerável quantidade de elementos radioativos, com contaminação maior ou menor da área ao redor da explosão. As explosões do Japão se deram em altitudes maiores, não resultando, assim, formação de crateras. Mesmo assim podem cair com as chuvas, como se deu em Nagasaki, onde amostras do solo revelaram radioatividade 2.000 vezes maior do que a normal. A maior radioatividade residual provém de restos de bombas ou "cinzas", isto é, dos produtos de fissão. Consistem êles em incontáveis fragmentos de átomos dispersados na explosão, e de átomos de urânio ou plutônio que deixam de se dispersar quando a bomba explode. Quando se dá a explosão êles se espalham em nuvens de poeira ou de cinzas e poluem tudo onde caem, incluindo os animais e o homem. Plantas, peixes e outros animais podem acumular êste material radioativo. Assim, os peixes alimentam-se de algas (que acumulam substâncias radioativas); por sua vez, ratos, aves, etc., que se alimentam de peixes, acumulam tais materiais. Quando êstes animais morrem, tais corpos radioativos são dispersos na terra, e recomecem novo ciclo, pela mesma cadeia alimentar. Raízes de árvore, em contacto com a terra contendo radioalimentos, entram no ciclo alimentar de animais que se alimentam de raízes, fôlhas ou frutas, de tais plantas. Assim compreende-se como o homem pode acumular também substâncias radioativas no seu organismo comendo peixes, crustáceos ou vegetais radioativos. Tais ciclos continuarão por longo tempo, pois certos elementos radioativos têm uma vida de muitos milhares de anos como o carbono 14, com 5.600 anos de vida.

De outro lado, as poeiras radioativas resultantes da explosão nuclear e que permanecem na atmosfera, são posteriormente trazidas ao solo, seja pela queda lenta natural, seja pela água da chuva. Os vegetais que absorvem esta água da chuva contaminada tornam-se radioativos; animais e o homem podem beber tais águas ativas e, se a radioatividade for forte, poderão aparecer doenças da radioatividade, já mencionadas anteriormente.

Os relatórios dos cientistas japoneses submetidos ao Conselho de Investigação da Doença Atômica, em 1954, mostraram que partículas radioativas da chuva foram encontradas na superfície e dentro dos corpos dos vegetais. Em particular, o perigoso rádio-estrôncio havia penetrado nos vegetais através de suas raízes. Considerável radioatividade foi encontrada nas partes comestíveis da pêra, alface, ervilhas, etc., evidenciando assim que a contaminação radioativa não é somente superficial. Os componentes da Comissão citada mostraram que o trigo e o arroz acumulam elementos radioativos. Segundo conclusão de um químico japonês (cit. por Danon<sup>5</sup>), a alimentação diária com êstes vegetais contaminados excede o máximo tolerável de radioatividade assinalado pelo National Bureau of Standards dos Estados Unidos. Quando a explosão da BA é submarina, a água do mar fica fortemente radioativa. A vida marinha e, sobretudo, os peixes, tornam-se fortemente radioativos. Também as correntes marinhas podem trazer ao litoral de vários países esta água contaminada; foi o que se deu no Japão, onde, após experiências de explosões de BA e BH, em Bikini, as correntes marítimas levaram intensa radioatividade às costas ocidentais daquele país.

## CONSEQUÊNCIAS MÉDICAS DA EXPLOÇÃO DA BOMBA DE HIDROGÊNIO

Como vimos, a BA resulta da fissão do átomo de urânio ou de plutônio, o que determina desprendimento de calor semelhante ao do sol. Posteriormente, foi descoberto outro processo para liberar a energia contida na matéria. Este processo — o inverso da rotura — é o da reunião ou fusão de átomos de hidrogênio, ou de outro corpo como o lítio. Como a fusão de átomos só pode ser conseguida em temperaturas muitíssimo elevadas, aproveitou-se para a fusão o calor desprendido pela explosão da BA. A bomba de hidrogênio (BH), também denominada termonuclear, encerra em seu bôjo uma bomba atômica, que é rodeada de mistura de isótopos de hidrogênio. A bomba atômica serve de detonador desta mistura. Calcula-se que uma BH produz efeitos iguais a cerca de 1.000 BA; assim, as 10 BH explodidas até hoje no mundo para estudos experimentais equívalem à explosão de 2.500 BA.

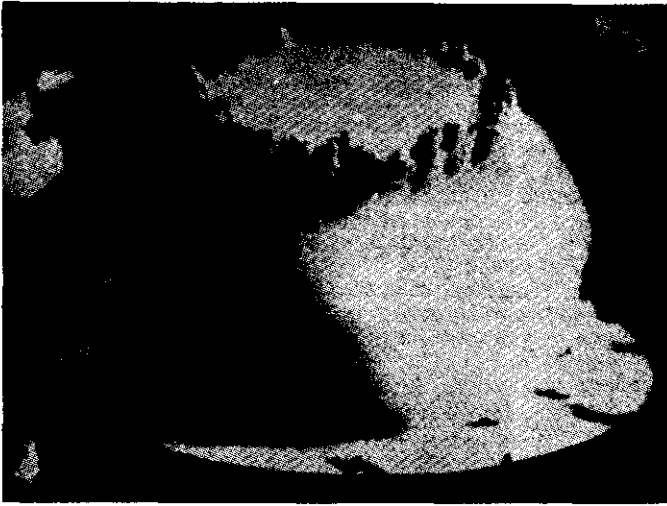


Fig. 8 — Explosão de uma BH submarina em Bikini. A bola de nuvem é devida à descompressão do ar, que determina a condensação do vapor de água. Notar os navios nas proximidades, a fim de avaliar a grandeza do fenômeno (apud Martin <sup>14</sup>).

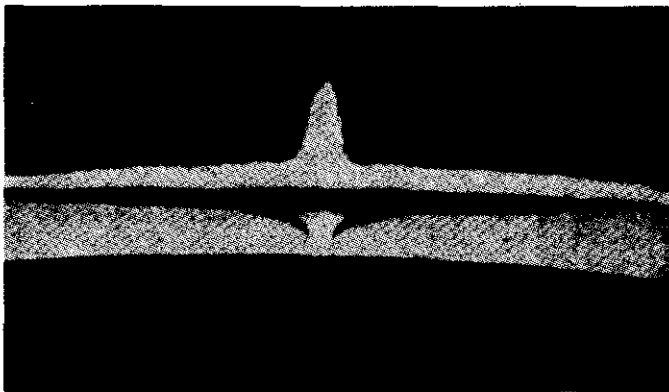


Fig. 9 — A imensa nuvem atômica da BH: 40 km de altitude e 200 km de diâmetro (apud Martin <sup>14</sup>).

Como vimos anteriormente, a explosão de uma BA provoca destruição quase total num raio de 1.500 metros. A BH é 1.000 a 2.500 vezes mais poderosa e tem efeitos destrutivos 10 a 13 vezes maior, ou sejam 15 km. Sua ação térmica estende-se a mais de 40 km. Sua bola de fogo tem um raio de 7 km e, por conseguinte, grandes cidades, incluídas as maiores capitais do mundo, podem ser destruídas totalmente em algumas frações de segundo. A radioatividade resultante estende os mortíferos efeitos da explosão a centenas de quilômetros de distância. O cogumelo, constituído de poeiras radioativas, é lançado a uma altura de cerca de 40 quilômetros (figs. 8 e 9). Estas poeiras, que encerram uma radioatividade

equivalente a milhões de toneladas de radium, espalham-se sobre uma área superior a 50.000 km<sup>2</sup>, sobre a qual descem lentamente.

*Efeitos sobre o organismo humano* — A BH tem sido lançada somente para estudos experimentais; assim, pouco numerosos são os nossos conhecimentos de seus efeitos deletéricos sobre o homem, cingindo-se, praticamente, às consequências da explosão de uma BH no atol de Bikini, pelos norte-americanos, em 1-3-1954. Esta explosão determinou graves acidentes em um grupo de pescadores japoneses e em habitantes das ilhas Marshall.

a) *O caso dos pescadores japoneses* foi bem estudado pelos cientistas nipônicos, que publicaram vários relatórios, dos quais damos o resumo de alguns fatos que, sob o ponto de vista médico, mais nos interessam<sup>17, 27</sup>.

Em 1-3-1954 a tripulação do navio pesqueiro japonês "Fukuryu Maru", que navegava entre 110 a 150 km a Nordeste do atol de Bikini, presenciou o seguinte fenômeno: "Eram 4 horas da manhã. Por detrás das nuvens baixas que toldavam o horizonte a Sudoeste, elevaram-se duas línguas de fogo, brilhantes como o Sol, e o céu ao redor tingiu-se de uma cor vermelha viva. Alguém gritou: venham ver como o Sol nasce de maneira estranha hoje. Logo percebemos não poder ser o Sol, pois o clarão se situava a Oeste. Gradualmente, a cor vermelha foi mudando para branco-amarela, elevando-se bem alto no céu, e então começou a dissipar-se lentamente. Depois de 7 minutos ouvimos um forte estrondo de explosão. Uma nuvem triangular cresceu e espalhou-se pelo céu. Três horas mais tarde, cinzas brancas começaram a cair dessa espessa camada de nuvem, que se espalhou, e continuaram a cair até o começo da tarde" (depoimento de um pescador do "Fukuryu Maru"). Ao cabo de 3 dias, o rosto, o pescoço e as mãos de alguns pescadores tornaram-se vermelhos e edemaciados. Sentiram prurido intenso e surgiram múltiplas vesículas cutâneas. Outros apresentavam náuseas, anorexia e, ulteriormente, o rosto de todos eles tomou uma cor vermelha escura e ficaram excessivamente fracos e fatigados. O barco levou 2 semanas para voltar ao porto de origem. Os 23 homens da tripulação sofriram de doença atômica aguda. Todos tinham o mesmo aspecto: o rosto e o pescoço, de um vermelho escuro, estavam recobertos de vesículas, muito ulceradas; as orelhas, tumefatas e edemaciadas; das fossas nasais corria uma secreção mucosa abundante; apresentavam dermatite nas mãos, no dorso e no abdome, pois as cinzas tinham atingido seus troncos nus; os cabelos de muitos já começavam a cair e se mostravam tão radioativos que podiam impressionar uma placa fotográfica (auto-radiografia); a radioatividade de todos eles, pesquisada pelo aparelho de Geiger, revelou-se muito forte. A radioatividade do navio, medida 2 dias mais tarde, também se revelou considerável, atingindo 110 miliröntgen por hora (este número é 60 vezes maior que a dose máxima autorizada em um meio habitável). Pode pensar-se que ela seria verdadeiramente enorme no momento da queda das cinzas. Uma grama destas foi analisada: era essencialmente composta de carbonato de cálcio, de modo que se era autorizado a admitir tratar-se de partículas provenientes de uma ilha de coral. A análise radioquímica permitia pôr em evidência numerosos produtos de fissão. Foram identificados 17 elementos radioativos, entre os quais o estrôncio 89, o estrôncio 90, o iodo 131, o iodo 132 e o bário 140. Partículas desta cinza foram postas na alimentação de ratos e lhes foram injetadas por via subcutânea; no primeiro caso, a maior parte das cinzas permaneceu no tubo digestivo; uma pequena porção foi reabsorvida pelo esqueleto; no segundo caso, a maior parte localizou-se nos ossos, sendo o restante excretado por via digestiva. A análise das urinas dos pescadores hospitalizados demonstrou a existência de forte radioatividade, o que levou a admitir que tenha sido considerável a absorção das substâncias radioativas pelos pacientes. Exames de sangue feitos cerca de um mês após a volta dos pescadores ao porto, mostraram, em 16 deles, leucopenia abaixo de 4.000 leucócitos por mm<sup>3</sup>, sendo que, em 3, era de menos de 3.000 e, em 5, inferior a 2.000. Muitos mostraram acentuada redução de trombócitos, bem como aplasia medular muito nítida. Durante muitos meses os pacientes sangravam facilmente, tinham constante anorexia e queixavam-se de mal-estar. Apesar de todo tratamento (repouso, superalimentação, transfusões sanguíneas, antibióticos, etc.), um deles, entre intensos sofrimentos, falecia a 23-9-1954, isto é, quase 7 meses após ser atingido pela nuvem radioativa. Os restantes até hoje permanecem doentes e, de acordo com Tsuzuki, o prognóstico de todos eles é muito sombrio, pois apresentam sérias lesões dos órgãos hematopoiéticos e em 60% deles, as funções do fígado foram gravemente perturbadas.

Por toda esta sintomatologia percebe-se que os pescadores do "Fukuryu Maru" foram atingidos pela doença atômica aguda. Foi ela determinada por três causas: a exposição dos tegumentos à radioatividade das cinzas que aderiram à pele; a exposição externa de todo o corpo à radioatividade das cinzas situadas entre as vestes e sobre os objetos; enfim, a penetração interna dos produtos de fissão radioativos, pelos pulmões, tubo digestivo e mesmo através de soluções de continuidade da pele.

b) *Os habitantes das Ilhas Marshall*: Cerca de um mês e meio após a explosão da BH no atol de Bikini, os representantes das Ilhas Marshall dirigiram uma mensagem às Nações Unidas pedindo a suspensão imediata de experiências atômicas, pois um grande número de habitantes das ilhas Lonberap e Uterip, do arquipélago Marshall, tinha sido atingido pela poeira radioativa e fôra removido, com grave sintomatologia da doença atômica.

Não tivemos mais notícias do caso, a não ser nos últimos dias de junho do corrente ano, em que lemos, em jornal leigo, um telegrama sobre uma reunião da Associação Médica Americana, realizada em Atlantic City. Neste ocasião o Comandante R. A. Conrad, do Instituto Naval de Pesquisas Médicas, apresentou um estudo sobre os habitantes das Ilhas Marshall que foram expostos a moderada queda de poeira radioativa provinda da grande explosão realizada no Pacífico em 1-3-1954, tendo sido examinados 64 habitantes das ilhas. Alguns dias após a explosão e à queda de poeiras, estes indivíduos apresentaram náuseas, anorexia e a pele empolou, se ulcerando em vários pontos; apresentavam conjuntivite, com secreção abundante nos olhos. Foi-lhes dada toda assistência médica, tendo sido transportados para longe das ilhas em que residiam. A doença evoluiu de forma crônica, com queimaduras, ulcerações, queda de cabelo, leuco e linfocitopenia que subsistiam até 6 meses após a explosão. As crianças foram mais gravemente afetadas. Os cálculos mostraram que eles tinham recebido aproximadamente 175 roentgens de irradiação, que é menos do que uma dose letal. Calcula-se que 400 roentgens possam tornar-se letais para 50% dos indivíduos de um grupo e 600 roentgens atinjam mortalmente todos os indivíduos do grupo.

### AS NUVENS RADIOATIVAS E A SAÚDE

Algumas autoridades<sup>9</sup> negam qualquer perigo quanto à saúde do homem, ligado às nuvens radioativas que se formam após as explosões atômicas e termo-nucleares, afirmando que, "a despeito de tudo quanto se possa ter ouvido ou lido concernente aos perigos de nuvens radioativas, após o primeiro minuto e meio da explosão há praticamente pouco ou quase nada a temer das nuvens formadas pelas explosões acima do solo. Enquanto que (maioria) materiais radioativos são projetados na estratosfera, quando eventualmente caírem na terra estarão tão finos e completamente espalhados que quase nenhum perigo oferecerão às criaturas humanos". Segundo Cintra do Prado<sup>21</sup>, "a poeira que resulta (das explosões experimentais com bombas atômicas) espalhada pelos ventos, é inócua a grande distância do centro da explosão. Se é possível detectar-se a passagem de uma nuvem radioativa, por sobre uma cidade longínqua, prova isto que os processos de observação dos fenômenos radioativos são extremamente sensíveis".

Ora, já após a explosão da primeira bomba atômica (16-7-1945) em Alamogordo, Novo México, Webb noticiou a contaminação, pelas poeiras radioativas, de cartões de embalagem em uma fábrica situada em Indiana, a 1.700 km de distância do local da explosão. O fato foi descoberto pelo estrago de filmes de raios X acondicionados nesses envólucros. Também Eisenbud e Harley<sup>7</sup> relataram que, após explosões ocorridas em Nevada, de 1951 a 1952, foi registrado aumento da radioatividade em muitos municípios dos E.U.A.N. e do Canadá. Na Alemanha constatou-se, entre 18 e 20 de outubro de 1951, perto de Friburgo, a presença de uma nuvem de aerossol radioativo que fôra dois dias antes observada em Helena (E.U.A.N.). Também por ocasião das explosões atômicas realizadas na União Soviética, as nuvens radioativas foram detectadas pelos cientistas americanos.

Por aí se vê que dificilmente se pode admitir que a quantidade de poeiras radioativas suficientes para estragar filmes de raios X a uma distância de 1.700 km, não prejudiquem o organismo, principalmente sendo recebidas durante longo tempo. Aumentando, porém, a potência destas bombas, haja à vista a bomba de hidrogênio explodida no atol de Bikini, naturalmente multiplica-se por 1.000 ou 2.000 a periculosidade de tais nuvens. Vemos então estas nuvens matar um pescador japonês e enfermar gravemente 22 outros, quando estavam pescando a 150 quilômetros do epicentro da explosão, assim como atingir habitantes das Ilhas Marshall, que também adoeceram gravemente, apesar de situadas muito além da área dita de segurança pelos técnicos norte-americanos.

Nuvens radioativas caem sob a forma de chuvas que, irrigando toda a vegetação de um país, podem introduzir elementos radioativos nos tecidos vegetais. Os cientistas japoneses verificaram que, ainda no mês de maio de 1954, caiu sobre o Japão uma chuva excepcionalmente radioativa que durou vários dias. Em Kyoto, por exemplo, a 16 de maio mediu-se, na água desta chuva, 86.000 contagens por minuto e por litro de água, quando sabemos não ultrapassar de 100 contagens por minuto e por litro de água, a chuva normal. No sul do Japão, em Kagoshima obtiveram 23.000 contagens por minuto e por litro de água de chuva. Em geral, as chuvas caídas entre 16 e 20 de maio eram fortemente radioativas, sendo mais radioativas no Sul do que no Norte. É claro que os animais, bebendo tais águas, também ingeriram os elementos radioativos, e assim notou-se que o leite, em Ka-

gishima, medido no dia 24 de maio, dava 200 contagens por minuto, para cada 180 cm<sup>3</sup>.

Nada há a admirar desta contaminação da atmosfera e das águas das chuvas, pois as poeiras radioativas resultantes da explosão termonuclear são lançadas a uma altura de 40 quilômetros. A queda de tais partículas pode ser muito lenta, pois, como foi calculado por Martin<sup>14</sup>, 16,4% delas caem até 45 minutos; 32,6% levam até 480 minutos para cair e, finalmente, as restantes 50% flutuam na atmosfera por tempo muito longo. Ora, entre os produtos de fissão da BA encontram-se isótopos de longos períodos, como o estrôncio 90 (com período de 25 anos), o zircônio 93 (1 milhão de anos), o iôdo 109 (20 milhões de anos). Também forma-se, pela explosão nuclear, o carbono 14, que possui um longo período de 5.600 anos. Este carbono 14 transforma-se em gas carbônico radioativo, que é em seguida absorvido pelos vegetais e animais. Espalha-se por todo o organismo e provoca uma lenta irradiação. Normalmente existe na atmosfera uma pequena taxa de carbono 14. Os cálculos indicam que, em consequência das explosões nucleares já realizadas, já deve ter havido aumento de 10 a 30% desta taxa de carbono 14. Quem poderá negar que tal dose, se bem que não mortal, não esteja acarretando consequências maléficas para a vida na Terra? Como permitir que se efetuem novas experiências com tais armas, que necessariamente aumentarão ainda mais a taxa de elementos radioativos em nossa atmosfera?

A ação lesiva de tais elementos sobre o organismo, mesmo em doses fracas porém contínuas, pode permanecer oculta durante longo tempo, antes de se tornar aparente. Mais os organismos são complicados, como é o homem, mais sensíveis são aos efeitos da irradiação. Mesmo no caso das explosões de Hiroshima e Nagasaki, em muitos casos, somente muitos anos após o lançamento das bombas é que se verificou o desenvolvimento de lesões de órgão vitais que levaram à morte numerosas vítimas. Às vezes, 9 anos depois, como o caso da menina citada por Nishiwaki<sup>17</sup>, a qual somente 8 anos depois do bombardeamento de Hiroshima apresentou os primeiros sintomas, para morrer no ano seguinte.

Os cientistas ainda discutem a dose mínima de radiação tolerada pelo organismo; se não sabemos ainda este fato fundamental, como permitir que se aumente, ano após ano, a quantidade de elementos radioativos, e por conseguinte de irradiação a que somos constantemente submetidos?

No estado atual de nossos conhecimentos temos de concordar com a Comissão Médica Internacional para Estudo dos Efeitos da BA e BH sobre a Saúde do Homem<sup>25</sup>, quando declarou recentemente: "Consideramos a contaminação persistente do mar, da chuva e da atmosfera pela radioatividade a consequência mais importante das explosões experimentais das bombas de hidrogênio, pois tememos que o aumento das irradiações e seus efeitos cumulativos sobre grandes áreas de terra, tenham como consequências perturbações genéticas desfavoráveis sobre seus habitantes".

#### BIBLIOGRAFIA

1. Anônimo — Radiação vinda do céu. *Time* (E.U.A.N.), 20 junho 1955, pg. 46.
2. BECK, J. S. P.; MEISSNEV, W. A. — Radiation effects of atomic bomb among natives of Nagasaki. *Am. J. Clin. Path.* 16:586, 1946.
3. BEHRENS, Ch. F. — *Atomic Medicine*. Th. Nelson & Sons, Nova York, 1949.
4. BLAIR, C.; SHEPLEY, D. — *The Hydrogen Bomb*. McKay Co., Nova York, 1954.
5. DANON, P. — Consequências de explosões atômicas e termonucleares. Um folheto, 47 pg., Rio de Janeiro, 1955.
6. DRAEGER, B. H.; BARR, J. S.; SAGER, W. W. — Blast injury. *J.A.M.A.*, 132:762, 1946.
7. EISENBUD, M.; HARLEY, J. H. — Radioactive dust from nuclear detonations. *Science*, 117:141-147, 1953.
8. FRANZETTI, C. O. — Estrutura atômica, origem de la energia atômica, isótopos. Guerra atômica, aspectos legais. *Rev. Sanid. Milit. Argent.*, 52:305-316, 1953.
9. FREITAS, W. O. — Sobrevivência ante o ataque atômico. Tradução do The Official U.S. Government Booklet. *Arq. Bras. de Med. Naval*, 16:63-82, 1955.
10. GONÇALVES, P. — Guerra Bacteriológica, Guerra Atômica, Guerra Química. Rio de Janeiro, 1952.
11. HAWLEY, G. G.; LEIFSON, S. — *Atomic Energy in War and Peace*. Reinbold Publ. Corp., Londres, 1946.
12. HOLTER, N. J.; GLASSCOCK, W. R. — Tracing nuclear explosion. *Nucleonic*, 10:10 (agosto) 1952.
13. KUSANO, N. — *Atomic Bomb Injuries*. Tsukiji Sho Kan Co., Tóquio, 1953.
14. MARTIN, Ch. N. — a) Sur les effets accumulatifs provoqués par les explosions thermonucléaires à la surface du globe. *Compt. Rend. Acad. d. Sc.*, 236:1287-1289, 1954; b) L'Heure H a-t-elle sonné pour le Monde? Bernard Grasset, Paris, 1955.
15. MEINCKE, W. S. — Observations on radioactive snows at *Ann Arbor. Science*, 113:145-146, 1951.
16. MOLONEY, W. C.; LANGE, R. D. — Leukemia in atomic bomb survivors. *Blood*, 9:663-685, 1954.
17. NISHIWAKI, Y. — L'empoisonnement atomique du Japon. *L'Avenir Atomique*, 12:19-28, 1954.
18. PASQUALINI, R. Q. — Los efectos clínicos de la bomba atômica. *Rev. Sanid. Milit. Argent.*, 52:322-339, 1953.
19. PEARSE, H. E.; KINGSLEY, H. D. — Thermal burns from atomic bomb. *Surg., Gynec. a. Obst.*, 98:4, 1954.
20. POTENCIANO, P. C. — Effects of atomic explosion on the human body. *J. Philip. M. A.*, 29:321, 1953.
21. PRADO, L. C. — Os perigos da radioatividade. *Digesto Econômico*, 11:97, 1955.
22. RAVINA, A. — Premiers affects connus de la bombe à hydrogène sur l'homme. *Presse Méd.*, 62:881, 1954.
23. REYNOLDS, M. L.; LYNCH, F. X. — Atomic bomb injuries among survivors in Hiroshima. *Publ. Health Research*, 70:261, 1955.
24. ROY, V. L. — Hematology of atomic bomb casualties. *Arch. Int. Med.*, 86:691, 1950.
25. SEVITT, E.; CHUNG, P. H.; KOGLOVA, A. V.; HOLUBEC, K.; GALE, G. W.; GIETZEET, F.; GUGMAN, L.; CHEVALIER, P.; VONCKEN, J. — Preliminary report of the International Medical Commission on the Effects on Human Health of Atomic and Hydrogen Bomb Explosions. Um folheto com 8 pgs., Japão, junho 1955.
26. SNELL, F. M.; NEEL, J. V.; ISHIBASHI, K. — Hematologic studies in Hiroshima. *Arch. Int. Med.*, 84:596, 1949.
27. TSUZUKU, M. — *Atomes*, 9:412, 1954.
28. TULLIS, J. L.; WARREN, S. — Gross autopsy observations in animal exposed at Bikini. *J.A.M.A.*, 134-1155, 1947.
29. YAMAZAKI, J. W.; WRIGHT, S. W.; WRIGHT, P. — A study of the outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki. *Am. J. Dis. Children*, 88:345, 1954.