



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA E BIOMETRIA  
LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS RADIOLÓGICAS  
CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO E  
ATENDIMENTO A RADIOACIDENTADOS - CRAAR

Nelson J. L. Valverde  
e  
Alexandre Rodrigues de Oliveira

## **MANUAL DE ATENDIMENTO DE RADIOACIDENTADOS**

---

Apoio : Ministério da Saúde  
FAPERJ

MARÇO 1994  
REVISÃO 1: SETEMBRO 1996



**DIRETORIA DE OPERAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO - 0**

**GERÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA - OI 1**

**DIVISÃO DE SAÚDE - OI 12**

---

**PE - OI 12 - O2**

---

---

**PROCEDIMENTO RELATIVO AO  
USO DO IODETO DE POTÁSSIO**

---

---

**REVISÃO 6**

**ABRIL / 98**

---

## *Prefácio*

O acidente radiológico de Goiânia evidenciou ser indispensável a existência de procedimentos de emergência relacionados ao atendimento médico-hospitalar em acidentes com radiação. No caso, foi usado o arcabouço do plano de assistência médica da Usina Nuclear de Angra dos Reis, o que facilitou em muito a intervenção nesse acidente radiológico, sem dúvida, o de maior gravidade no mundo ocidental.

Por outro lado, tanto a experiência nacional quanto nos demais países, desenvolvidos ou não, tem demonstrado que acidentes com radiação ionizante vêm ocorrendo de maneira bizarra, em situações totalmente inusitadas e de modo inesperado, como no já citado acidente de Goiânia, em 1987, quando a violação de uma fonte selada, desativada, causou toda a sorte de exposição à radiação ionizante.

Apesar da valiosa integração de diferentes recursos institucionais para a resposta médico-hospitalar, houve, no entanto, após o acidente de Goiânia, dispersão dos profissionais médicos que deram assistência aos pacientes. Dessa forma, visando a sua reintegração, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro criou no âmbito do seu Laboratório de Ciências Radiológicas - LCR, o Centro de Referência para a Avaliação e Atendimento de Radioacidentados - CRAAR, onde atuam os Drs. Nelson J. L. Valverde e Alexandre R. de Oliveira, o primeiro como seu coordenador e o segundo como consultor.

Juntos, LCR/CRAAR, possuem em seus quadros físicos, médicos e

enfermeiros plenamente capacitados para o atendimento de radioacidentados e para o treinamento de profissionais de saúde e outros, como da Defesa Civil, na assistência pré-hospitalar e hospitalar de pessoas acidentalmente expostas às radiações ionizantes.

O Ministério da Saúde, em conjunção com o LCR/CRAAR, entendendo que persistem os riscos de novos acidentes com material radioativo - como o recentemente ocorrido no pólo de Camaçari, envolvendo três trabalhadores - e que não há no país um planejamento estruturado e sistematizado em relação ao assunto, está desenvolvendo o Sistema de Atendimento Médico-Hospitalar em Acidentes com Radiação - SAMHRI.

O SAMHRI baseia-se em três diferentes níveis de assistência: o primeiro, no local do acidente ou nas suas proximidades, a cargo de socorristas (bombeiros, Defesa Civil etc) e pessoal de saúde ocupacional (médicos, enfermeiros e auxiliares); o segundo, em hospital previamente designado e habilitado, na área de influência e o mais proximamente possível da ocorrência; por fim, o terceiro em centros de referência, como o Centro de Transplante de Medula Óssea do Instituto Nacional de Câncer, no Rio de Janeiro, onde eletivamente os casos de importância, como os de depressão de medula óssea, seriam encaminhados.

Podemos mencionar várias vantagens na criação de um sistema estruturado e formal para a resposta médico-hospitalar em acidentes com radiação, como o do cumprimento do papel do Ministério da Saúde como responsável pela normatização das ações sobre prevenção (no caso

*secundária) e recuperação da saúde; teríamos ainda, sem dúvida, a minimização das consequências médicas, sociais, psicológicas e financeiras, na contingência de uma emergência radiológica, havendo uma pronta e eficaz resposta médica; ainda como exemplo, registramos, com a efetiva implantação do Sistema, o pareamento dos procedimentos brasileiros ao dos países desenvolvidos, em correspondência às recomendações de organismos como a Agência Internacional de Energia Atômica.*

*Entendem, no entanto, o LCR e o CRAAR que a falta de informação curricular dos profissionais de Saúde sobre os efeitos biológicos da exposição - principalmente accidental - às radiações ionizantes é um sério entrave ao desenvolvimento de uma estrutura formal de assistência em emergências radiológicas. Têm então levado a termo programas de treinamento, com o apoio do CEPUERJ, direcionados a médicos, enfermeiros, técnicos de enfermagem e socorristas em geral, com vistas a embasá-los para o atendimento a radioacidentados.*

*Este Manual é um esforço para a concretização de uma mentalidade na área da Saúde também voltada para os aspectos próprios da Higiene e Medicina das Radiações Ionizantes, especialmente no que diz respeito às informações indispensáveis para a assistência de indivíduos do público ou ocupacionalmente expostos às radiações ionizantes e que venham acidentalmente a elas se expor.*

*Rio de Janeiro, setembro de 1996*

*Prof. Carlos Eduardo V. de Almeida  
Laboratório de Ciências Radiológicas*

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

# **MANUAL DE RADIOACIDENTADOS**

## **CONTEÚDO**

### **1. OBJETIVOS**

### **2. APLICABILIDADE**

### **3. CONCEITOS GERAIS**

- 3.1 - ACIDENTE
- 3.2 - ACIDENTE RADIOLÓGICO
- 3.3 - ACIDENTE NUCLEAR
- 3.4 - UNIDADES DE RADIAÇÃO
- 3.5 - LIMITES DE DOSE OCUPACIONAIS

### **4. IRRADIAÇÃO**

- 4.1 - DE CORPO INTEIRO
  - 4.1.1 - CONCEITO
  - 4.1.2 - AVALIAÇÃO
- 4.2 - SÍNDROME AGUDO DA RADIAÇÃO
  - 4.2.1 - CONCEITO
  - 4.2.2 - MANIFESTAÇÕES GERAIS
  - 4.2.3 - CLASSIFICAÇÃO
  - 4.2.4 - AVALIAÇÃO
  - 4.2.5 - AVALIAÇÃO LABORATORIAL
  - 4.2.6 - TRATAMENTO
- 4.3 - IRRADIAÇÃO LOCALIZADA
  - 4.3.1 - CONCEITO E GENERALIDADES
  - 4.3.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS RADIOLESÕES
  - 4.3.3 - CLÍNICA DAS RADIOLESÕES
  - 4.3.4 - AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA DAS RADIOLESÕES
  - 4.3.5 - AVALIAÇÃO LABORATORIAL
  - 4.3.6 - TRATAMENTO DAS RADIOLESÕES

### **5. SÍNDROME DA LESÃO COMBINADA**

### **6. CONTAMINAÇÃO INTERNA**

- 6.1 - CONCEITOS
- 6.2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS
- 6.3 - DIAGNÓSTICO, IDENTIFICAÇÃO DO NUCLÍDEO E AVALIAÇÃO
- 6.4 - TRATAMENTO

## **MANUAL DE RADIOACIDENTADOS**

### **CONTEÚDO**

#### **7. CONTAMINAÇÃO EXTERNA**

- 7.1 - CONCEITO
- 7.2 - GENERALIDADES
- 7.3 - DESCONTAMINAÇÃO
  - 7.3.1 - MEDIDAS GERAIS
  - 7.3.2 - CASOS ESPECIAIS
  - 7.3.3 - PROCEDIMENTOS FINAIS
  - 7.3.4 - DESBRIDAMENTO CIRÚRGICO
  - 7.3.5 - CRITÉRIOS PARA SUSPENSÃO
  - 7.3.6 - INDUMENTÁRIA DE PROTEÇÃO PESSOAL
  - 7.3.7 - CUIDADOS COM A INSTALAÇÃO
  - 7.3.8 - DESTINAÇÃO DE REJEITOS

#### **8. PLANIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO** (Informações básicas)

#### **9. ACIDENTES RADIOLÓGICOS**

- 9.1 - INTRODUÇÃO
- 9.2 - CLASSIFICAÇÃO
- 9.3 - EXEMPLOS

#### **10. ANEXOS**

- 10.1 - FICHA DE NOTIFICAÇÃO DE ACIDENTE RADIOLÓGICO
- 10.2 - FICHA DE ATENDIMENTO A RADIOACIDENTADO
- 10.3 - FICHA DE EVOLUÇÃO DE RADIOACIDENTADO
- 10.4 - FICHA DE REGISTRO DE CONTAMINAÇÃO INTERNA
- 10.5 - RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E MEDICAMENTOS

#### **11 . BIBLIOGRAFIA**

# MANUAL DE ATENDIMENTO DE RADIOACIDENTADOS

## OBJETIVOS

Este Manual visa ao atendimento do seguinte:

1.1 - favorecer o cumprimento das disposições legais relativas à assistência médico-hospitalar de indivíduos acidentados com radiações ionizantes;

1.2 - fornecer parâmetros para o estabelecimento de critérios uniformes, para a avaliação e tratamento de acidentados com radiações ionizantes;

1.3 - orientar os profissionais de saúde, envolvidos na avaliação e assistência médico-hospitalar de radioacidentados, quanto aos procedimentos a serem adotados;

1.4 - facilitar a assistência médico-hospitalar especializada, de indivíduos acidentados com radiações ionizantes.

## 2. APLICABILIDADE

As orientações contidas neste Manual, aplicam-se à avaliação e ao atendimento médico-hospitalar de quaisquer indivíduos acidentalmente irradiados ou contaminados com radionuclídeos, sejam eles trabalhadores ocupacionalmente expostos às radiações ionizantes ou indivíduos do público.

Em relação aos trabalhadores, serão considerados aqueles que atuam em Instalações Radioativas e Nucleares<sup>(1)</sup>, conforme a seguir:

### 2.1 - INSTALAÇÕES RADIOATIVAS

a) - Industriais: aceleradores lineares, radiografia industrial, medidores nucleares, montagem e manuseio de fontes radioativas, irradiadores de grande porte, prospecção de petróleo, mineração e/ou beneficiamento de minério convencional com urânio e tório associados.

b) - Na área de saúde: aplicações laboratoriais "in vitro", aplicações médicas "in vivo", preparo de fontes radioativas não seladas, aplicações médico-veterinárias.

c) - Na física médica: radiologia, radioterapia, medicina nuclear.

d) - Pesquisa: centros e institutos de pesquisa, utilização de materiais radioativos para pesquisa.

- a) usinas nucleoeletricas
- b) reatores de pesquisa
- c) mineração e beneficiamento de minérios de urânio e/ou tório
- d) produção de UF<sub>6</sub>
- e) enriquecimento isotópico
- f) fabricação de elemento combustível
- g) reprocessamento de combustível irradiado
- h) deposição final de rejeitos radioativos

## 3 CONCEITOS GERAIS

Para os propósitos deste Manual devem ser consideradas as seguintes definições:

### 3.1 - ACIDENTE

Qualquer evento não planejado, que resulte em exposições a doses de radiação acima dos limites legais estabelecidos pelas autoridades competentes do país.

### 3.2 - ACIDENTE RADIOLÓGICO

É assim definido, aquele com as características citadas em 3.1 e que ocorra nas instalações radioativas ou nucleares mencionadas em 2.1 e 2.2 ou em outras circunstâncias, e que não envolva processo de fissão nuclear.

### 3.3 - ACIDENTE NUCLEAR

É assim definido, aquele com as características citadas em 3.1 e que ocorra em instalações nucleares, envolvendo processo de fissão nuclear.

### 3.4. UNIDADES DE RADIAÇÃO

Apenas com o propósito de se melhor entender as consequências da absorção de diferentes níveis de dose, sobretudo nos capítulos referentes ao síndrome agudo da radiação e às radiolesões localizadas, definimos as principais unidades de radiação.

- **ATIVIDADE** - é o decaimento espontâneo ou desintegração de um núcleo atômico instável, usualmente acompanhada pela emissão de radiação ionizante; sua *unidade* no Sistema Internacional de Unidades (SIU) é o Becquerel (Bq); a unidade antiga é o Curie (Ci);  $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ .
- **DOSE ABSORVIDA** - é a quantidade de radiação ionizante que é absorvida por unidade da matéria com a qual ela interage; sua *unidade* no Sistema Internacional de Unidades (SIU) é o

Gray (Gy): a unidade antiga é o IRadiation Absorbed DoseI (rad) ; 1 rad = 0,01 Gy.

- DOSE EQUIVALENTE - é o produto da radiação absorvida, em Gy, por um fator de qualidade (FQ), próprio de cada tipo de radiação ionizante - alfa, beta, gama, nêutrons ...; sua *unidade* no Sistema Internacional de Unidades (SIU) é o Sievert (Sv); a unidade antiga é o I Roentgen Equivalent ManI (rem) ; 1 rem = 0,01 Sv.

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} \times FQ$$

- DOSE EQUIVALENTE EFETIVA - é igual à dose equivalente por um fator de ponderação ( $w_T$ ), para um determinado órgão ou tecido, tomando por conta a sua radiosensibilidade; sua unidade é a mesma da dose equivalente.
- DOSE EQUIVALENTE COMPROMETIDA - é a dose equivalente que será acumulada no órgão ou tecido, nos cinquenta anos seguintes a uma incorporação de um determinado radionuclídeo (ver CONTAMINAÇÃO INTERNA); sua unidade é a mesma da dose equivalente.

### 3.5. LIMITES DE DOSE OCUPACIONAIS

Limites Anuais de Dose Equivalente  
mSv <sup>(2)</sup>

DOSE EQUIVALENTE	TRABALHADOR	INDIVÍDUO DO PÚBLICO
corpo inteiro	50	1
órgão ou tecido T	500	$1/w_T$
pele	500	50
crystalino	150	50
extremidades	500	50

OBS: para efeito exclusivamente de comparação, principalmente no que se refere às doses capazes de provocar o Síndrome Agudo da Radiação e radiolesões localizadas, uma radiografia do tórax em posição PA, causa uma dose na pele entre 0,3 e 0,5 mSv, na dependência do equipamento e da técnica utilizada.

OBS: limites de incorporação - ver CONTAMINAÇÃO INTERNA

## 4. IRRADIAÇÃO

Para os propósitos deste Manual, entende-se como irradiação a exposição accidental de um indivíduo a uma fonte radioativa, de qualquer natureza, que resulte no recebimento de uma dose de radiação ionizante acima dos limites legalmente permitidos.

### 4.1 - IRRADIAÇÃO DE CORPO INTEIRO

#### 4.1.1 - CONCEITO

Para os propósitos deste Manual, entende-se como irradiação de corpo inteiro a exposição accidental de um indivíduo a uma fonte radioativa, de qualquer natureza, que resulte no recebimento de doses de radiação ionizante distribuídas por todo o organismo, seja de maneira uniforme ou heterogênea.

### 4.2 - SÍNDROME AGUDO DA RADIAÇÃO

#### 4.2.1 - CONCEITO

Entende-se como síndrome agudo da radiação (SAR), o conjunto de manifestações clínicas e laboratoriais decorrentes do recebimento de doses de radiação ionizante, distribuídas pelo organismo, e cujas consequências dependem principalmente do valor dessas doses, da maior ou menor uniformidade da distribuição, do tempo da exposição e, em menor escala, das condições prévias de saúde do acidentado.

#### 4.2.2 - MANIFESTAÇÕES GERAIS

As manifestações do SAR diferem de acordo com as suas diferentes fases evolutivas.

A fase prodrômica desenvolve-se nas primeiras horas subseqüentes à irradiação, iniciando-se com fadiga que, em alguns casos, pode progredir para a apatia importante, fraqueza extrema ou mesmo prostração. Outros sinais e sintomas incluem anorexia, náuseas, vômitos, diarreia e cefaléia. Estas manifestações têm duração variável, mas geralmente curta, na dependência da dose recebida, desaparecendo espontaneamente, dando lugar à fase de latência, na qual o acidentado encontra-se assintomático.

O quadro seguinte correlaciona o aparecimento de manifestações prodrômicas da SAR com a dose absorvida de radiação.

## MANIFESTAÇÕES PRODRÔMICAS DA SAR (\*)

FAIXA DE DOSE (Gy)	INÍCIO DA MANIFESTAÇÃO APÓS A EXPOSIÇÃO (HORAS) E PERCENTUAL DE INDIVÍDUOS AFETADOS															
	ANOREXIA		NÁUSEAS		VÔMITOS		ASTENIA		DIARRÉIA		CEFALÉIA					
	Início (h)	%	Início (h)	%	Início (h)	%	Início (h)	%	Início (h)	%	Início (h)	%	Início (h)	%	Início (h)	Intens
0,5-1	1	15-50	6	5-30	L	5-20	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	1/2	50-90	3	30-70	L/M	3-4	20-50	3	30-80	L	-	-	-	-	-	-
2-3,5	<1/2	90-100	2	70-90	M	3	50-80	2-3	60-90	M	4-6	10	M	-	-	-
3,5-5,5	<1/2	100	<1/2	90-100	M	1	80-100	2	90-100	M/S	3-4	10	M/S	8	50	L/M
5,5-7,5	<1/2	100	<1/2	100	M	<1	100	1	100	S	2	10	M/S	2	80	M
7,5-10	<1/2	100	<1/2	100	S	<1/2	100	<1/2	100	S	2	10	S	2	100	M
10-20	<1/2	100	<1/2	100	S	<1/2	100	<1/2	100	S	2	20	S	2	100	S
20-30	<1/2	100	<1/2	100	S	<1/2	100	<1/2	100	S	2	30	S	2	100	S

Intensidade: L (leve); M (moderada); S (severa)

(\*) Adaptado de Young, R.W. Acute Radiation Syndrome, in Military Radiobiology

### 4.2.3 - CLASSIFICAÇÃO

O SAR classifica-se, didaticamente, em hematopoiético, gastrointestinal e neurovascular<sup>(3,4)</sup>.

#### SÍNDROME HEMATOPOIÉTICO (SH)

Caracteriza-se por alterações nos componentes do sangue (leucopenia, trombocitopenia, reticulocitopenia), em decorrência de exposição à radiação ionizante das células tronco e precursoras da medula óssea, bem como da própria irradiação de elementos figurados do sangue, principalmente dos linfócitos.

Considera-se, tomando-se por base uma distribuição uniforme e homogênea da dose, um limiar em torno de 0,8 a 1Gy para o aparecimento da SH.

A radiação destrói as células hematopoiéticas precursoras mitoticamente ativas, diminuindo o suprimento de hemácias, leucócitos e plaquetas. Desta forma, não sendo as células circulantes maduras substituídas, ocorrem as manifestações da SH, isto é, susceptibilidade às infecções, hemorragias, anemia e baixa da imunidade.

No caso de doses inferiores a 7 Gy, o SH inicia-se entre 8 a 10 dias após a exposição (latência) e as manifestações prodrômicas, com importante diminuição dos granulócitos e plaquetas. Segue-se a pancitopenia 3 a 4 semanas mais tarde, tornando-se completa com doses acima de 5 Gy. Observam-se púrpuras e, por vezes, hemorragias importantes, levando à anemia. A febre está geralmente associada à fase crítica da depressão medular, ocorrendo concomitantemente manifestações de infecção bacteriana ou micótica.

#### SÍNDROME GASTROINTESTINAL (SGI)

O SGI surge após doses de corpo inteiro superiores a 7 Gy, em virtude da lesão das células tronco das criptas do epitélio intestinal, levando à diminuição da atividade mitótica das mesmas e desnudamento da mucosa intestinal, desequilíbrio hidroeletrólítico e bacteremia.

Além dessa ação mecânica, os ácidos biliares passam a atuar na mucosa intestinal lesada, agravando a perda de fluídos e eletrólitos.

Em condições normais a integridade da mucosa intestinal evita a entrada de bactérias na corrente circulatória. Quando a irradiação lesa a mucosa, isto deixa de ocorrer, fazendo com que as bactérias

tenham acesso à circulação sem sofrerem a ação defensiva dos neutrófilos, em virtude da própria lesão medular descrita na SH e decorrente neutropenia.

O cólon, além do intestino delgado, também é radiosensível, causando a sua lesão, diminuição da absorção de água e Na<sup>+</sup> e aumento da absorção de K<sup>+</sup>.

Em função do aumento da dose de radiação, a depleção do epitélio é cada vez mais intensa. Com doses de 7 a 10 Gy a septicemia é mais importante que a desidratação como causa do óbito, que ocorre em 2 a 3 semanas. Com doses de 10 a 15 Gy, o desnudamento da mucosa, sobretudo ao nível do intestino delgado, exacerba o desequilíbrio hidro-eletrólítico. A mortalidade com doses em torno de 12,5 Gy é ainda mais precoce, em torno de 10 dias, devido à desidratação e desequilíbrio eletrólítico. O quadro clínico consequente é de dor abdominal em cólicas e diarreia sanguinolenta e intensa, seguida de choque e morte.

Em resposta à agressão da mucosa intestinal pela radiação ionizante tem-se verificado modificações nas concentrações plasmáticas de alguns neuropeptídeos, como a neurotensina, cujo nível aumenta de modo dose-dependente. Isto abre a perspectiva futura de tratamento da SGI com o emprego de antagonistas desses peptídeos.

#### SÍNDROME NEUROVASCULAR (SNV)

O SNV ocorre após doses extremamente altas de radiação, acima de 50 Gy. As manifestações prodrômicas de náuseas e vômitos são quase imediatas à irradiação, seguindo-se rapidamente as manifestações neurológicas e vasculares. O óbito é inevitável, em torno de 2-3 dias após a irradiação. O SNV era antigamente chamado de síndrome do sistema nervoso central por causa das manifestações neurológicas, como desorientação, incoordenação, insuficiência respiratória central, convulsões e coma. Porém, somente doses acima de 100 Gy são capazes de lesar diretamente o SNC. Ademais, as evidências histológicas de lesão microvascular e de edema cerebral demonstram que as manifestações neurológicas do SNV decorrem de hipertensão intracraniana. Ocorre também maciço extravasamento vascular levando ao choque irreversível.

### 4.2.4 - AVALIAÇÃO

#### a - Considerações Gerais

Deve-se suspeitar de irradiação acidental sempre que um trabalhador exposto ocupacionalmente às radiações ionizantes procure atendimento médico com as manifestações prodrômicas do SAR (já descritas). Neste caso, deve-se indagar exaustivamente sobre operações com fontes ou instalações radioativas, especialmente sobre eventuais violações das normas de segurança.

Embora evidente em alguns casos, quando se pode correlacionar nitidamente sinais e sintomas com superexposição ocupacional, na maioria das vezes o próprio trabalhador procura negar a ocorrência do acidente. A identificação do acidente com radiação é ainda mais difícil quando o indivíduo não é um trabalhador, mas sim uma pessoa do público. De qualquer modo, náuseas, vômitos, fadiga, anorexia e "queimaduras", sem uma razão evidente, demandam do clínico questionar do paciente ou de seus familiares terem os mesmos entrado em contato com objetos estranhos, achados por exemplo em indústrias ou na própria rua. A descrição desses objetos pode levar, em certas ocasiões, à identificação de fontes de gamagrafia industrial extraviadas.

As autoridades devem também dar ampla divulgação ao extravio de fontes radioativas, não só no sentido de evitar-se exposições acidentais, mas também para que a comunidade médica possa prontamente diagnosticar indivíduos com manifestações do SAR e de radiodermites.

## **b - Anamnese**

### **b.1 - Obter informações detalhadas sobre a exposição:**

- características da fonte radioativa, início da exposição e sua duração, posição ou posições adotadas em relação à fonte;

- início das manifestações prodrômicas, duração e intensidade de cada manifestação, uso de dosímetros pessoais, localização dos dosímetros no corpo, destinação dos dosímetros, uso e destino de objetos metálicos (relógios, anéis, pulseiras etc).

### **b.2 - História clínica detalhada**

- manifestações prodrômicas (ver acima);
- antecedentes mórbidos (ênfase para a história prévia de malignidades, cataratas, doenças da tireóide, diabetes, cardiopatias, hepatopatias, radioterapias, quimioterapias,

cirurgias, esterilidade natural ou induzida, como vasectomia, por exemplo); obter a ajuda de familiares sempre que possível;

- antecedentes familiares (história de malignidades na família, por exemplo);

- hábitos (quantificar tabagismo e etilismo; exposição solar excessiva etc);

- história ocupacional (acidentes prévios, exposição a outros agentes, sejam físicos, químicos ou biológicos: descrevê-los).

## **c - Exame Físico**

Sem perder de vista que alguns pacientes possam necessitar de tratamento em caráter de emergência, face à precariedade do estado geral, ou por apresentarem graves lesões convencionais, o exame físico do irradiado deve ser o mais minucioso possível, com ênfase nos seguintes aspectos:

- nível de consciência; condições de hidratação; exame das mucosas (conjuntivas, orofaringe) para identificação de anemia, conjuntivites, ulcerações; pele, unhas e fâneros (lesões cutâneas, como eritema, vesículas, ulcerações, alterações ungueais, epilação) e condições hemodinâmicas.

## **d - Protocolos <sup>(5)</sup>**

### **d.1 - Internação**

O paciente superexposto à radiação necessita de tratamento altamente qualificado, sendo os cuidados direcionados para evitar, minimizar ou controlar complicações decorrentes da depressão medular, como infecções e hemorragias. De um modo geral, pacientes que receberam doses de corpo inteiro menores que 1 Gy não necessitam internação, salvo se apresentarem lesões convencionais que requeiram assistência em nível hospitalar.

A avaliação da dose recebida, com vistas à decisão de internar ou não, poderá ser feita pelas manifestações prodrômicas apresentadas, seu início e intensidade ou, se disponível, pela leitura dos dosímetros pessoais. De especial importância nesse sentido é o comportamento dos linfócitos do sangue periférico como poderá ser visto adiante (avaliação laboratorial).

### **d.2 - Acompanhamento Clínico**

Exame físico na admissão e diário, com ênfase nos aspectos já acima mencionados, além da obtenção de

informações relativas à sintomatologia, como o aparecimento de náuseas, vômitos, diarreia e suas características, febre etc.

#### 4.2.5 - AVALIAÇÃO LABORATORIAL

##### a.1 - Na admissão

- Hematologia: hemograma completo, contagem de plaquetas, reticulócitos;
- Bioquímica: glicose, uréia, creatinina, colesterol total, eletrólitos, proteínas totais e frações, CPK, AST, ALT, LDH;
- Urina: EAS;
- Fezes: exame parasitológico;
- Imunologia: imunoglobulinas, linfócitos T, incluindo antígenos CD4 - "helper" e CD8 - supressor e B, Natural Killer (NK);
- Rx de tórax;
- ECG;
- Culturas de lesões cutâneas, orofaringe, urina e de lesões suspeitas;
- Aspirados e biópsia de medula óssea;
- Outros, em função de antecedentes e dos achados clínicos.

##### a.2 - Periodicamente

- Diariamente: hemograma completo, contagem de plaquetas e reticulócitos;
- Semanalmente: bioquímica e urina;
- Variável: aspirados e biópsias de medula óssea, culturas, espermograma (antes da 7ª semana pós-exposição e subsequentemente), parâmetros imunológicos e outros em função da evolução clínica.

#### 4.2.6 - AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA

##### a - Dosimetria Física

a.1 - Dosímetros de uso pessoal: proceder, o mais prontamente possível, à leitura dos filmes dosimétricos, dosímetros termoluminescentes e outros, como para nêutrons, eventualmente usados pela vítima.

a.2 - Dosímetros de área: permitem avaliar o campo de irradiação no local onde a vítima foi exposta.

a.3 - Análise de ativação neutrônica: mensuração da atividade do  $^{24}\text{Na}$  no sangue e corpo inteiro (contagem de corpo inteiro) e mensuração do  $^{32}\text{P}$  em pêlos e unhas.

a.4 - Análise de objetos ativados por exposição neutrônica: efetuada em objetos metálicos, como relógios, anéis, pulseiras e canetas, e em material biológico como dentes e ossos (ressonância paramagnética).

a.5 - Reconstituição experimental do acidente, através do emprego de um fantoma antropomórfico e por meio de cálculos matemáticos.

##### b - Dosimetria Biológica

b.1 - Clínica: observar o início, tipo, intensidade e duração das manifestações prodômicas conforme o quadro apresentado na página 3.

b.2 - Análise Cromossômica <sup>(6)</sup>: deve ser efetuada tão precocemente quanto possível após a irradiação. Os linfócitos circulantes de indivíduos irradiados apresentam uma certa quantidade de aberrações cromossômicas, em particular de dicêntricos e anéis. A frequência dessas aberrações pode ser correlacionada com a dose, apresentando uma boa precisão para doses mais elevadas.

Além desse estudo, podem ser estimadas a presença de micronúcleos <sup>(7)</sup> e mutações somáticas no locus da glicoforina A na superfície de eritrócitos <sup>(8)</sup>.

b.3 - Comportamento dos Linfócitos do Sangue <sup>(9)</sup>: a rapidez da queda está relacionada à intensidade da dose recebida; para irradiações letais, observa-se uma ausência absoluta de linfócitos circulantes nos primeiros dias após a exposição.

b.4 - Curvas Hematológicas <sup>(10)</sup>: com base nos resultados dos exames hematológicos diários, podem-se traçar curvas relativas ao comportamento dos elementos figurados do sangue (leucócitos, granulócitos, linfócitos e plaquetas), estabelecendo-se um paralelo com a evolução de outros pacientes irradiados acidentalmente ou com finalidade terapêutica e, dessa forma, estimar-se a dose recebida.

Consideramos a evolução hematológica um dos parâmetros de avaliação mais importantes, uma vez que na impossibilidade dos demais permite por si só ao médico nortear suas intervenções - antibioticoterapia profilática e empírica e o uso de fatores de crescimento (ver adiante) - conforme se exterioriza a depressão medular nos hemogramas seriados.

#### 4.2.7 - TRATAMENTO (ver também 4.2.8)

##### a - Prevenção de Infecções <sup>(11,12)</sup>

###### a.1 - Medidas ambientais

- admissão em ambiente com cuidados de isolamento reverso e utilização de aparelhos de filtragem do ar ambiental.

###### a.2 - Medidas dietéticas

- dieta isenta de vegetais, alimentos não cozidos e frutas cítricas e proporcionar água filtrada e fervida.

###### a.3 - Redução de procedimentos invasivos desnecessários.

###### a.4 - Cuidados gerais com o paciente

- lavar o paciente diariamente com iodo-povidina ou clorhexidina;  
- lavagem do couro cabeludo, diariamente, com xampu;  
- aparar e escovar diariamente as unhas;  
- higiene oral diária (escovação, fio dental e bochechos com solução de água oxigenada uma hora após as refeições).

###### a.5 - Medidas de redução antibacteriana

- emprego de antibióticos não absorvíveis, por via oral, que preservem os anaeróbios (quinolônicos ou aminoglicosídeos);  
- nistatina, indicada se os granulócitos apresentarem valores  $<1.500/\text{mm}^3$ .  
- para pacientes do sexo feminino, ducha vaginal de iodo-povidine e óvulo vaginal de nistatina.

###### a.6 - Infecções viróticas

- aciclovir oral ou venoso, conforme positividade para anti-HSV ou empiricamente, iniciando-se em torno da terceira semana.

##### b - Tratamento de Infecções

b.1 - Antibioticoterapia convencional empírica, indicada em casos de febre  $>38,5^\circ\text{C}$ . ou na presença de outros sinais de infecção\*, em pacientes com contagem de granulócitos  $<750/\text{mm}^3$ ; a escolha do esquema inicial de antibióticos deve se basear:

- no tipo e localização\*\* de outras infecções recentes no mesmo indivíduo;

- experiência da equipe atendente no manejo de cada tipo específico de antibiótico;  
- disponibilidade do(s) antibiótico(s) na unidade e/ou facilidade em obtê-los;  
- características individuais do paciente, como alergia a um determinado antibiótico, insuficiência renal etc.

O esquema antibiótico poderá ser modificado de acordo com a evolução clínica e/ou os resultados de culturas realizadas.

\* OBS: atentar para o fato que pacientes neutropênicos ( $<100/\text{mm}^3$ ) podem apresentar infecções sem as manifestações clínicas correspondentes, conforme a tabela abaixo.

#### INFECÇÃO E POSITIVIDADE (+) DE MANIFESTAÇÕES EM PACIENTES NEUTROPÊNICOS - $<100/\text{MM}^3$ <sup>(13)</sup>

INFECÇÃO	MANIFESTAÇÃO	+ %
pneumonia	tosse	67
	expectoração	58
	esputo	
	purulento/estertores	8
faringite	exsudato purulento	22
infecção urinária	disúria	44
	polaciúria	33
	piúria	11
meningite	irritação meníngea	-

#### \*\* LOCAIS COMUNS DE INFECÇÃO EM PACIENTES NEUTROPÊNICOS <sup>(13)</sup>

LOCAL	%
boca e faringe	25
trato respiratório inferior	25
pele, tecidos moles e catéteres endovenosos	15
trato GI	15
região perineal	10
trato urinário	5-10
seios da face	5

b.2 - Terapia antifúngica empírica, indicada em pacientes granulocitopênicos, em regime de antibioticoterapia convencional empírica e que apresentem febre persistente por mais de 48-72 horas; as doses dos agentes antifúngicos empregadas deverão ser modificadas se a infecção tornar-se evidente <sup>(14)</sup>.

b.3 - Terapia antivirótica, indicada em caso de lesões herpéticas, sob a forma de aciclovir venoso e tópico, este para o tratamento do herpes simplex cutâneo-mucoso <sup>(15)</sup>.

b.4 - Outras infecções e infestações

- pneumonite intersticial: avaliar infecção por citomegalovírus e por Pneumocystis carinii, e tratar conforme indicado.

- parasitoses intestinais: tratar conforme o resultado do exame parasitológico de fezes (efetuar controles após 7 e 15 dias do tratamento), ou empiricamente em caso de eosinofilia sem outra razão.

#### b.5 - Fatores de crescimento <sup>(14-16)</sup>

Os fatores estimulantes de colônias de granulócitos (G-CSF) ou de granulócitos e macrófagos (GM-CSF) podem ser administrados de acordo com protocolos estabelecidos em pacientes que apresentem bloqueio da hemopoiese, conforme cinética celular indicativa de granulocitopenia progressiva, em função da dose recebida.

Deve-se realçar estudos recentes com a trombopoietina (TPO), que estimula as células da linhagem megacariocítica relativamente tardias. A exemplo de outros fatores de crescimento (GF's), a TPO poderá ser útil na depressão medular radioinduzida se houver células progenitoras residuais e se administrada em ocasião propícia, conforme a evolução da depressão medular expressa pela curva hematológica. Sua eficácia em relação aos demais GF's é a seguinte: TPO>IL-6>IL-3>GM-CSF=G-CSF. Por outro lado, estudos em macacos Rhesus mostram que em casos de doses de corpo inteiro acima de 7 Gy não há mais estímulo medular com o emprego de GF's<sup>1</sup>. A tabela abaixo ilustra a indicação do uso de GF's no SAR.

TRATAMENTO DO	SAR COM GF's
Dose em Gy	Indicação
< 4	não
>5-<8	pode ser essencial
>8	provavelmente não efetiva

#### c - Prevenção e tratamento de hemorragias

c.1 - Concentrados de hemácias para manter a hemoglobina em valor igual ou superior a 10 g/dl.

c.2 - Sangue total, conforme necessário, em casos de hemorragias volumosas, para manter as condições hemodinâmicas.

#### c.3 - Plasma fresco

c.4 - Concentrado de plaquetas preventivamente sempre que as plaquetas se situarem abaixo de 20.000/mm<sup>3</sup> ou quando houver sangramento com contagem plaquetária inferior a 60.000/mm<sup>3</sup>.

Os produtos a serem transfundidos devem ser previamente irradiados com 25 Gy, para inativar os linfócitos imunocompetentes viáveis existentes nos mesmos e evitar a doença enxerto-versus-hospedeiro (GVHD).

#### d - Outras medidas no tratamento (em caso de lesões concomitantes).

d.1 - Amputação precoce, se puder ser estabelecida a extensão de radiolesão localizada (ver capítulo correspondente) e se houver indicativos, em função da dose localizada e da evolução, da gravidade do dano produzido, com consequente comprometimento do estado geral em virtude de infecção ou outra complicação em paciente neutropênico.

d.2 - Amplo desnudamento cirúrgico de lesões localizadas, com vistas a evitar-se a invasão bacteriana secundária.

d.3 - Nutrição enteral em pacientes debilitados, com enteropatia, através de sondagem duodenal ou jejunostomia (nesses casos, raramente a alimentação por via oral será tolerada).

d.4 - Nutrição parenteral, com a mesma indicação do item acima, quando por qualquer razão clínica a nutrição enteral não puder ser usada.

#### 4.2.8- PROTOCOLO PARA A PREVENÇÃO E TRATAMENTO DAS COMPLICAÇÕES INFECCIOSAS DO SAR

##### 1. Profilaxia

##### 1.1. Esterilização do trato gastrointestinal <sup>(17)</sup>

a) trimetoprim - sulfametoxazol (160 mg TMP/800 mg SMX, de 12/12 horas, via oral, até os granulócitos retornarem a 1.500/mm<sup>3</sup>) + Nistatina (1 milhão de unidades, de 4/4 ou 6/6 horas, via oral, até 5 dias após os granulócitos retornarem a 1.500/mm<sup>3</sup>).

<sup>1</sup> Informações do Dr. Gerard Wagemaker, da Erasmus Universiteit, durante a conferência "Health Consequences of the Chernobyl and Other Radiological Accidents", Genebra, Suíça, 20-23 de Novembro de 1995.

ou

b) quinolônico (ofloxacin, pefloxacin ou ciprofloxacin) + nistatina, conforme em a. Ex.: ofloxacin, 200 mg. por via oral de 12/12 horas, com a mesma duração que em (a)

## 2. Tratamento <sup>(19,20)</sup>

### 2.1 - Antibioticoterapia convencional empírica

a) aminoglicosídeo (gentamicina ou amikacina) + cefalosporina de 1ª geração (cefalotina) + agente anti-pseudomônico (carbenicilina ou piperacilina). Ex.: gentamicina (3 mg/kg de peso/dia, IM, de 8/8 horas); utilizar a via venosa em casos graves, diluindo-se a dose em 50 a 200 ml de soluto glicosado a 5% ou em solução salina isotônica, administrando-a em meia a duas horas; em casos graves, a dose total poderá ser aumentada para 5 mg/kg de peso/dia, retornando-se a 3 mg/kg de peso/dia, tão logo possível) + cefalotina (1 g, IV, de 4/4 horas) + carbenicilina (400 a 500 mg/kg de peso/dia, IV).

ou

b) ceftazidima (2 g, IV, de 8/8 ou 12/12 horas)

ou

c) imipenem (até 50 mg/kg de peso/dia, em infusão venosa por 20 a 30 minutos, em 3 doses diárias).

### 2.2 - Antibioticoterapia específica

Deve ser empregada conforme a evolução clínica, o resultado das culturas e os testes de sensibilidade, a ineficácia de associações clássicas etc. Se há indicativos de infecção por bacilos Gram + (infecções estafilocócicas por exemplo), a vancomicina deve ser tentada.

### 2.3 - Terapia antifúngica empírica <sup>(14,20)</sup>

a) anfotericina B, 0,5 mg/kg de peso/dia, em infusão venosa, num período de aproximadamente 6 horas.

b) outros agentes com possibilidade de uso específico ou alternativo:

flucitocina, adicionalmente à anfotericina B (associação possivelmente benéfica em casos de candidíase renal, hepatoesplênica e do SNC); seu uso é complicado se não

houver possibilidade de monitoração dos níveis sanguíneos da droga, bem como pelo seu potencial mielotóxico.

· cetoconazole ou intraconazole.

### 2.4 - Terapia antiparasitária específica <sup>(21)</sup>

a) albendazol

- 400 mg, via oral, em dose única, em casos de ascaridíase, tricuriase, enterobíase, ancilostomíase e necatorose.

- 400 mg, via oral, três dias consecutivos, em casos de strongiloidíase e teníase.

b) tinidazol

- 2 g, via oral, em dose única, nos casos de giardíase.

- 2 g, via oral, por dia, durante dois dias consecutivos, nos casos de amebíase intestinal.

### 2.5 - Fatores Estimulantes da Formação de Colônias <sup>(22-24)</sup>

a) GM-CSF, 5,5 mcg/kg de peso/dia, em infusão venosa salino-protêmica por 24 horas, até que os granulócitos superem 2.000/mm<sup>3</sup> por três dias consecutivos, quando as doses devem ser reduzidas em etapas de 50%.

b) G-CSF, 5 mcg/kg de peso/dia, por via subcutânea ou intravenosa em injeção única, com redução progressiva da dose conforme os critérios acima.

## 4.3 - IRRADIAÇÃO LOCALIZADA

### 4.3.1 - Conceito e generalidades

Para os propósitos deste Manual, entende-se como irradiação localizada aquela que afeta um ou mais segmentos do corpo (usualmente membros). Para que uma irradiação localizada manifeste-se clinicamente é necessário que os seguintes limiares de dose sejam ultrapassados para cada tipo de lesão <sup>(25)</sup>:

- eritema: 3 a 8 Gy;

- epitelite seca: 5 Gy;

- epitelite úmida ou bolhosa: 12 a 20 Gy;

- necrose: 25 Gy.

As lesões radioinduzidas localizadas (radiolesões), também conhecidas como radiodermites ou queimaduras radiológicas,

diferem das queimaduras convencionais nos seguintes aspectos:

- a) os agentes que as produzem - radiações ionizantes - são invisíveis;
- b) a lesão não aparece imediatamente, existindo um período de latência que pode variar de horas a algumas semanas;
- c) as manifestações clínicas aparecem sucessivamente em função do dano causado às células pelas radiações ionizantes.

#### 4.3.2 - Classificação das radiolesões <sup>(26-27)</sup>

**Grau I - Leve.** A radiolesão é caracterizada pelo aparecimento de um eritema típico no decorrer da 2ª semana pós-exposição, o qual é seguido de uma descamação seca (epitelite seca), com recuperação em torno da 4ª semana, com ou sem alterações pigmentares. Não requer tratamento. A dose para o aparecimento desta lesão varia entre 5 e 8 Gy.

**Grau II - Moderada.** Corresponde a uma queimadura térmica de 2º grau. Caracteriza-se pelo aparecimento de um eritema inicial, de duração fugaz, seguido de um período de latência e, posteriormente, de uma fase eritematosa típica que antecede à formação de bolhas (epitelite exsudativa). A região, além de edemaciada, encontra-se dolorosa e vulnerável às infecções, já que a derme está exposta. Dependendo da intensidade da dose, esta lesão pode evoluir favoravelmente, regredindo em algumas semanas ou poucos meses, com cicatrização da pele irradiada, resultante alteração pigmentar e perda das características normais dos anexos cutâneos (folículo piloso, glândulas sebáceas e sudoríparas). A epiderme torna-se fina, atrófica, ressequida, apresentando perda dos pêlos e sendo sensível aos traumatismos. A dose estimada para causar esta lesão varia entre 12 e 20 Gy.

**Grau III - Severa.** Equivale a uma queimadura térmica de 3º grau. A evolução clínica é rápida com encurtamento ou mesmo desaparecimento das etapas evolutivas da radiolesão. A dor é severa. O aparecimento da úlcera é precoce e inevitavelmente evolui para a necrose. O tratamento cirúrgico reparador é sempre requerido. A dose aguda para causar esta lesão é usualmente superior a 25 Gy.

#### 4.3.3 - Clínica das radiolesões

As duas formas clínicas evolutivas clássicas são a **epitelite exsudativa** e a **endotelite vascular (vasculite)** <sup>(25)</sup>.

A **epitelite exsudativa clássica** pode ser caracterizada por um eritema inicial, seguido de uma latência de aproximadamente 3 semanas, com surgimento de um eritema secundário, típico, que antecede à formação de bolhas. A **epitelite bolhosa** ou **úmida** tende a evoluir para a cura, que se processa após algumas semanas ou poucos meses. O processo de cicatrização se faz a partir das margens da lesão, que nesta fase assume o aspecto de uma ulceração superficial, ou através de ilhotas de reepitelização que se encontram espalhadas na derme exposta.

A **vasculite** é característica da fase tardia (meses após a irradiação), mas sempre está relacionada à forma mais severa de **epitelite exsudativa**. Ela pode ser melhor evidenciada nas lesões das mãos e, em particular, nas lesões das extremidades digitais. A manifestação primária é de um eritema tardio, que surge entre 6 e 13 meses após a irradiação, com síndrome doloroso e edema. Ela se acompanha da reabertura de uma lesão que, aparentemente, havia se curado completamente. A ulceração assume um caráter tórpido e necrótico, sendo via de regra extensa e profunda, chegando inclusive a deformar a extremidade. Requer, na grande maioria dos casos, tratamento cirúrgico.

#### 4.3.4 - Avaliação dosimétrica das radiolesões <sup>(25)</sup>

A determinação física da dose é fundamental. A dosimetria física baseia-se essencialmente em três parâmetros: características físicas da fonte radioativa; geometria da exposição (distância fonte-indivíduo) e duração da exposição.

##### a) Características físicas da fonte

Em geral elas são bem conhecidas e não representam um problema intransponível. Só em casos excepcionais não é possível estabelecer-se a atividade da fonte.

##### b) Geometria da exposição

Pode ser constante ou variável. Quando a exposição é longa, a geometria usualmente é variável; ao contrário, quando a exposição é breve, a distância fonte-indivíduo é constante. A distância, naturalmente, condiciona a relação entre a dose local e a

dose média de corpo inteiro. Quanto menor for aquela distância, maior será esta relação. Na maioria dos acidentes a distância é mínima, senão nula. Um grande número de situações acidentais envolve a apreensão e manipulação de fontes radioativas por indivíduos que desconhecem a natureza do material que estão manuseando.

#### c) Duração da exposição

Varia de poucos segundos a horas. Quando a duração é muito curta torna-se difícil estabelecer sua grandeza. Usualmente, a apreciação subjetiva varia de um fator 10. Ao contrário, quando a exposição é longa, a margem de erro no estabelecimento do tempo de exposição é menor, mas em contrapartida a geometria é, de maneira geral, variável.

Tais parâmetros devem ser levados em consideração quando da reconstituição das condições da exposição. Os resultados obtidos, mediante o uso de dosímetros colocados no interior de um molde com o formato do membro ou extremidade atingida, permitirão a confecção de curvas de isodoses, que podem auxiliar o médico na avaliação das doses recebidas em um ou mais territórios ou estruturas anatômicas.

Se todos os parâmetros são conhecidos, podem ser obtidas informações dosimétricas absolutas, mas isto é muito raro. Na grande maioria dos casos, só é possível obter-se uma dosimetria relativa, em especial quando a duração é de difícil apreciação. Quando a geometria é inconstante, a distância fonte-indivíduo variando de um momento para outro, os resultados fornecidos pelas medidas repousam no terreno das hipóteses. De qualquer forma, é indispensável comparar-se os dados da dosimetria física com os achados clínicos e laboratoriais.

#### 4.3.5 - Avaliação laboratorial (27-29)

Muitas manifestações clínicas típicas das radiolesões não aparecem precocemente, tendo curso latente. A intensidade do dano radiológico, nestes casos, só pode ser estimada através do concurso de investigações complementares, que têm como objetivo exteriorizar as modificações funcionais sub-clínicas, tanto ao nível da pele como do tecido celular sub-cutâneo, músculos, vasos e esqueleto. Tais investigações são também úteis para acompanhar a evolução das lesões.

#### a) Termografia (29)

A termografia oferece uma excelente contribuição para o estudo das radiolesões. Seu limiar de detecção é de 2 Gy. A resposta é bastante precoce, a partir de algumas horas após a exposição, portanto antes de quaisquer manifestações clínicas consistentes. Sua contribuição para o diagnóstico topográfico é fundamental, pois permite avaliar com uma boa precisão os volumes irradiados. Ela torna-se interessante também sob o ponto de vista dosimétrico, pois em associação com os dados clínicos, laboratoriais e dosimétricos, permitirá estabelecer os valores absolutos da dose em cada segmento irradiado.

O papel da termografia na abordagem pré-cirúrgica pode ser decisivo. Uma boa apreciação da topografia por esse método permite distinguir os limites entre os tecidos viáveis e áreas destinadas a evoluir para a necrose, o que poderá facilitar a realização de uma cirurgia reparadora conservadora e ao mesmo tempo evitar a repetição de atos cirúrgicos sucessivos, como costuma acontecer em tais casos. Esta avaliação pode também ser muito útil no seguimento, a longo prazo, das sequelas radioinduzidas, bem como das sequelas terapêuticas cirúrgicas.

Durante a fase de latência clínica e, às vezes, antecedendo aos primeiros sinais ou sintomas, já é possível evidenciar-se uma importante hipertermia dos territórios expostos. As diferenças de temperatura entre regiões simétricas podem atingir vários graus. Frequentemente, nos estágios iniciais, as curvas isotérmicas circunscrevem os volumes irradiados.

A termografia parece de menor utilidade durante a fase de doença manifesta (presença de bolhas, ulceração, por exemplo), recuperando sua importância quando do acompanhamento a curto e médio prazo. Antecedendo às crises de vasculite, observa-se uma elevação térmica. A cicatrização das lesões é acompanhada por uma normalização das respostas termográficas.

Flutuações fisiológicas importantes limitam a aplicação da técnica. A comparação com o membro contralateral não afetado é necessária, o que limita seu emprego quando de irradiações acidentais envolvendo ambos os membros.

Concluindo, a termografia é um método simples, de fácil realização, de baixo custo e eficaz. Requer, entretanto, uma

grande experiência para a interpretação dos achados termográficos.

#### b) Cintilografia

A cintilografia vascular consiste no registro, com o emprego de uma câmara de cintilação ligada a um sistema que permite o tratamento numérico do sinal, da passagem vascular, ao nível das regiões examinadas, de um traçador radioativo introduzido no organismo por via venosa. Medidas sequenciais permitem observar e quantificar a passagem vascular do radionuclídeo.

O tratamento do sinal pelo computador permite obter curvas de passagem vascular, ao nível dos diferentes territórios.

Nos casos das radiolesões, as modificações do débito vascular são precoces, precedendo mesmo as manifestações clínicas. Tais alterações podem ser importantes, podendo a razão do débito entre zona irradiada e zona sadia ultrapassar o valor 10.

#### c) Efusivimetria <sup>(30)</sup>

Efusivimetria é a propriedade pela qual um meio é capaz de trocar calor com outro meio com o qual ele esteja em contato. Esta propriedade está condicionada por um coeficiente de "arrancamento" térmico ou efusividade. O método mais empregado é o de Touchau, que permite a caracterização térmica não traumática dos tecidos. Pode-se com ele explorar tecidos cuja profundidade chega a atingir alguns poucos centímetros.

A interpretação das curvas de territórios lesados implica sempre na comparação com zonas de referência em tecidos sãos. Mesmo nas fases iniciais, quando do período de latência, a efusivimetria mostra modificações discretas de natureza inflamatória. Estas anomalias, bastante precoces, podem regredir durante a fase de latência, o que realça a importância da realização deste procedimento a partir do primeiro dia após a exposição.

#### d) Capilaroscopia <sup>(31)</sup>

A capilaroscopia assume importância quando há envolvimento das mãos. O exame dos capilares do leito ungueal permite apreciar alterações da microcirculação, decorrentes seja dos efeitos diretos da radiação sobre os capilares, em casos de irradiação distal (extremidade dos dedos, polpa digital), seja dos efeitos a distância,

que podem repercutir nos capilares ungueais, em casos de irradiação proximal (palmas das mãos, falanges proximais). As observações são de natureza quantitativa e qualitativa, variáveis em função do estágio evolutivo: dilatações, ectasias, tortuosidades, diminuição do número de alças, distrofias, neogêneses etc.

A capilaroscopia pode ser realizada através da microscopia ótica, com foco pequeno e luz incidente, tendo sido desenvolvido para este fim o estereomicroscópio binocular, que permite a visão tridimensional do sistema microcirculatório.

#### e) Outros exames

Destinam-se ao estudo das radiolesões, seja através dos danos à circulação periférica, seja pelas alterações metabólicas a nível sub-celular que produzem.

Plestimografia serve para evidenciar alterações do volume periférico devidas a variações do fluxo sanguíneo local; permite o registro de um traçado constituído de uma sucessão de ondas onde se observa uma fase ascendente ou anacrótica, um ápice ou crista e uma fase descendente, onde se evidencia uma incisura dicrótica seguida de uma onda secundária.

Fluximetria com ultrassom (Ecodoppler) - permite a individualização do vaso, dando indicações sobre o fluxo e a resistência periférica.

Espectroscopia pela ressonância nuclear magnética (RNM) <sup>(32)</sup> - oferece imagens caracterizadas pela alta resolução e grande elegância, em especial de membros, órgãos em movimento e qualquer estrutura ou tecido que possa ser colocado num campo magnético intenso; a espectroscopia pela RNM pode ser usada "in vivo" para medir o pH intracelular e as concentrações relativas de fosfocreatina, ATP e fosfatos inorgânicos em humanos, com vistas à investigação dos processos de fosforilação oxidativa em grandes volumes de tecidos; as medidas mais usuais são as que objetivam avaliar a quantidade de fósforo e seus metabólitos nos tecidos, cuja concentração é milhares de vezes inferior a concentração de hidrogênio; vale lembrar que a obtenção da imagem clássica da RNM baseia-se no estabelecimento da concentração de prótons, isto é, de hidrogênio, nos diferentes tecidos,

o que requer aparelho com menor intensidade de campo magnético (0,5 Tesla).

. Estudo fotográfico seriado - um "follow-up" das radiolesões pode também ser realizado mediante a obtenção de fotografias coloridas seriadas, de boa qualidade; a análise das fotografias permitirá evidenciar alterações que normalmente passariam despercebidas quando da realização do exame físico convencional; a frequência com que este estudo deve ser realizado dependerá da própria evolução clínica das radiolesões, sendo no entanto obrigatório quando da inauguração de cada uma das fases características da história natural desta patologia.

. Avaliação complementar - deve-se proceder à coleta detalhada da história da exposição accidental, bem como à realização do exame físico metuculoso tão cedo quanto possível; adicionalmente, é praxe realizar-se uma avaliação hematológica seriada, a ser iniciada logo no primeiro contato com o indivíduo irradiado, com o intuito de se descartar a possibilidade de irradiação de corpo inteiro; a análise de aberrações cromossômicas visa à dosimetria biológica e também deve ser realizada logo; os resultados que começam a aparecer 72 horas após a coleta do sangue orientarão a equipe médica quanto aos procedimentos adicionais a serem adotados (ver item 4.2.6); o espermograma deve ser realizado entre o 30° e o 45° dias após a exposição (mesmo após a irradiação da gônada ainda é possível observar-se espermatozoides viáveis no sêmen 2 a 3 semanas mais tarde); o exame oftalmológico é útil para se avaliar o estado do cristalino quando da irradiação e com isto estabelecer-se um parâmetro de referência para estudos posteriores; o estudo dos vasos retinianos (retinografia) deve ser também realizado quando do exame oftalmológico; o eletroencefalograma apresenta especial interesse dosimétrico, sendo também muito informativo quando da suspeita de uma irradiação cefálica; o estudo radiológico de extremidades oferece informações acerca de rarefações ósseas (osteoporose) e da possibilidade da ocorrência de sequestros ósseos <sup>(24)</sup>.

#### 4.3.6 - Tratamento das radiolesões

As indicações terapêuticas decorrem "a priori" do estado clínico. As manifestações inflamatórias, a epitelite exsudativa e as úlceras superficiais requerem tratamento

clínico, de natureza conservadora e sintomática. As úlceras profundas e a necrose requerem sempre tratamento cirúrgico.

Os fenômenos inflamatórios são tratados com antiinflamatórios não hormonais, de preferência. Sua eficácia, entretanto, é bastante relativa. Enzimas são indicadas para reduzir o fenômeno inflamatório e acelerar a cicatrização. Estudos vêm sendo efetuados com uma enzima denominada superoxidismutase (SOD). Ensaio experimentais com a SOD, em particular em lesões de mãos, demonstraram uma rápida regressão dos fenômenos inflamatórios, uma clara redução na duração da fase crítica, uma atenuação do processo algico e uma recuperação qualitativamente superior à obtida com a terapêutica convencional. A SOD age reduzindo a concentração de radicais livres nos locais atingidos. Este processo é efetuado através da catálise da conversão de radicais livres ricos em oxigênio em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e oxigênio molecular, o que teoricamente favorece a reparação do dano radioinduzido. Neste sentido, a SOD atua como um verdadeiro radioprotetor <sup>(25)</sup>.

A infecção secundária, complicação relativamente frequente, exige tratamento com antibioticoterapia local (bacitracina, mupirocin, neomicina). Deve-se proteger a lesão radiológica, assegurando-se sua assepsia, seja pela manutenção da região atingida limpa, seja pulverizando ou fazendo balneações com soluções antissépticas (solução de Thierch modificada, solução de ácido bórico etc) <sup>(26)</sup>.

A dor está presente em praticamente todas as etapas da evolução clínica das radiolesões. Os analgésicos convencionais, os antiinflamatórios, os analgésicos de ação central e os sedativos são indicados para reduzir a maioria dos episódios dolorosos das fases iniciais da lesão. Na medida que a intensidade do síndrome doloroso aumenta, analgésicos mais potentes (meperidina) devem ser empregados, isoladamente ou em solução com antihistamínicos (prometazina) e neurolépticos (clorpromazina). Ansiolíticos, hipnóticos e antidepressivos ajudam acessoriamente o controle da dor.

Em casos de ulceração profunda ou necrose, somente a excisão cirúrgica dos focos de necrose ou das áreas não sadias permitirá a redução do processo doloroso. A estratégia cirúrgica comporta técnicas de excisão parcial ou total da zona irradiada, seguida da cobertura por aproximação, por enxertia ou por retalho livre ou pediculado do leito da lesão. As indicações cirúrgicas e o

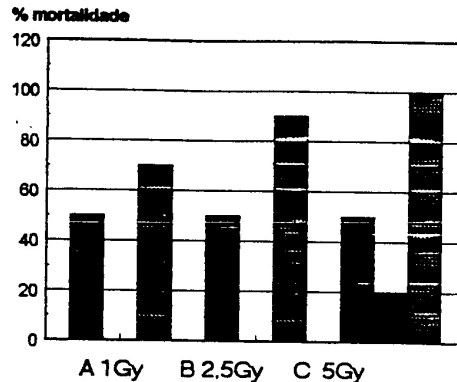
momento mais favorável para a realização do procedimento cirúrgico depende de uma avaliação do estado real ou potencial das lesões (25-27,30,34).

## 5 SÍNDROME DA LESÃO COMBINADA (25-34)

Em muitas situações envolvendo acidentes radiológicos há a concomitância de lesões convencionais, como queimaduras, trauma, fraturas, isoladamente ou em conjunto. Para tal usa-se o termo Síndrome da Lesão Combinada (SLC).

A experimentação em animais de laboratório e os acidentes de Goiânia e Chernobyl, demonstram que a associação de lesões convencionais em irradiados acidentalmente e com Síndrome Aguda da Radiação (SAR) ou radiolesões localizadas, agrava sobremaneira o prognóstico. Em Goiânia, embora não tenha havido a superimposição de lesões convencionais, houve a concomitância de SAR, radiolesões localizadas e contaminações interna e externa. Um dos pacientes com SAR sobreviveu, com recuperação medular apenas após a amputação de seu antebraço direito, necrosado por irradiação acidental (exposição a fragmentos de uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$ ) (5).

Os mecanismos fisiopatológicos envolvidos no SLC parecem ser complexos. No entanto, o trauma, da mesma maneira que a irradiação, desencadeia uma série de eventos neuro-hormonais e inflamatórios de caráter secundário. A úlcera de estresse, diáteses hemorrágicas, hipoxemia, síndrome do distresse respiratório do adulto etc, podem agir sinergicamente em um paciente com depressão medular rádio-induzida. Além do mais, o trauma causa um processo catabólico que pode prejudicar os mecanismos de reparo da lesão radiológica. A figura a seguir (34), mostra o efeito aditivo, em relação à mortalidade, da irradiação e de queimaduras térmicas em ratos.



A - ratos com queimaduras de 33% da área corporal (1ª coluna), irradiados com 1 Gy (2ª coluna) e com queimaduras de 33% da área corporal e irradiados com 1 Gy (3ª coluna).

B - ratos com queimaduras de 33% da área corporal (1ª coluna), irradiados com 2,5 Gy (2ª coluna) e com queimaduras de 33% da área corporal e irradiados com 2,5 Gy (3ª coluna).

C - ratos com queimaduras de 33% da área corporal (1ª coluna), irradiados com 5 Gy (2ª coluna) e com queimaduras de 33% da área corporal e irradiados com 5 Gy (3ª coluna).

Observe-se que ratos com área corporal queimada em 33% têm mortalidade de 50%. Se irradiados com 1 Gy ou 2,5 Gy, de 0%. Se irradiados com 1 Gy e queimados, de 70%, se irradiados com 2,5 Gy e queimados, de 90% e se irradiados com 5 Gy e queimados, a mortalidade atinge 100%.

O SLC compromete os mecanismos de defesa do paciente, bem como diminui a resistência à colonização bacteriana de suas superfícies epiteliais, permitindo a ocorrência de infecções oportunistas, que podem se tornar uma complicação fatal.

Fica patente que pacientes com o SLC necessitam tratamento altamente especializado, em centros terciários de referência, como explicitado no capítulo referente à PLANIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO.

## 6 CONTAMINAÇÃO INTERNA

### 6.1 - CONCEITOS

#### a - Definição de Contaminação Interna

Para os propósitos deste Manual, entende-se como contaminação interna a presença acidental de material de natureza radioativa no interior do organismo. Assim sendo, o fato da contaminação ocorrer no

f - Contagem de corpo inteiro - contaminações internas com emissores gama podem ser avaliadas através de contadores de corpo inteiro, mas o seu valor imediatamente após acidentes pode ser limitado, uma vez que a simples presença de pequenas contaminações residuais da pele prejudicam ou impedem o exame.

#### 6.4 - TRATAMENTO

##### a - Proteção do pessoal e das instalações

Pacientes com contaminação interna podem disseminar a contaminação através de suas excretas e através do ar expirado. Assim, são indispensáveis, na manipulação de contaminados, a adoção de medidas de proteção do pessoal atendente e das instalações.

- Indumentária de proteção pessoal
  - . Gorro e máscara cirúrgica;
  - . Jaleco e calça cirúrgica;
  - . Avental cirúrgico;
  - . Avental de plástico;
  - . Luvas cirúrgicas (dois pares), fixando-se a luva externa ao avental com fita crepe;
  - . Botas de plástico, fixadas à calça com fita crepe;
  - . Dosímetros de uso pessoal (importância quase que exclusiva médico-legal, uma vez que é bastante improvável que a contaminação seja de ordem a produzir perigo de irradiação significativa para a equipe atendente) - devem ser fixados ao avental cirúrgico;

- Cuidados com as instalações: forrar o piso com plástico; forrar as macas com plástico; usar material descartável o máximo possível; não lançar ao chão gazes, algodões, compressas ou quaisquer outros materiais empregados no paciente; seguir as orientações do pessoal de proteção radiológica.

##### b - Medidas Gerais <sup>(39)</sup>

- Alcalinização gástrica - este procedimento pode resultar na formação de hidróxidos relativamente insolúveis; pode estar indicada em contaminações em que tenha ocorrido ingestão de cobre, ferro ou plutônio.

- Lavagem gástrica - pode ser contemplada se a contaminação foi por ingestão e recente (até uma hora), levando-se em conta as

contra-indicações clássicas, como a ingestão de corrosivos.

- Catárticos ou laxativos (sulfato de magnésio, cáscara etc) - visam a acelerar o trânsito intestinal; têm limitado valor prático, sobretudo quando da prestação do atendimento inicial, devendo-se ainda considerar as contra-indicações e os efeitos colaterais possíveis, como hipocalcemia em caso de uso prolongado.

- Lavagem intestinal - poderá ser indicada no caso de contaminações, em substituição ao emprego de catárticos ou laxativos.

##### c - Abordagem Terapêutica <sup>(39-42)</sup>

###### c.1 - Principais formas de tratamento

- Bloqueio - através de agentes bloqueadores, isto é, substâncias químicas que saturam com um isótopo não radioativo o órgão-alvo, reduzindo dessa forma a incorporação do radionuclídeo; ex.: utilização de iodo, não radioativo, sob a forma de iodeto de potássio, em caso de contaminação com radioiodos.

- Diluição Isotópica - constitui-se na administração de grandes quantidades do isótopo estável do radionuclídeo, de modo que estatisticamente a oportunidade de incorporação diminua; ex.: administração de água, por via oral ou parenteral, em contaminação com trício.

- Substituição - consiste no uso de elemento não radioativo de número atômico diferente para competir com o radionuclídeo, em virtude de terem a mesma preferência metabólica, ex.: administração de cálcio para competir com radioestrôncio.

- Quelação - baseia-se no emprego de compostos orgânicos que se ligam a íons metálicos formando compostos de coordenação ou quelatos metálicos, através da doação de elétrons ao metal; desta forma mascaram as propriedades do metal, permitindo sua excreção urinária, ex.: uso do ácido dietilenotriaminopentacético (DTPA) em contaminações com <sup>239</sup>Pu, <sup>241</sup>Am etc.

- Troca iônica - através de resinas trocadoras de íons (sem uso prático) ou de compostos que funcionam desta maneira, como o ferrocianeto férrico (Azul da Prússia), este indicado em contaminações com césio, tálio e rubídio.

- Mecânica - através de lavagem gástrica, intestinal e broncopulmonar, as lavagens gástrica e intestinal podem ser consideradas

f - Contagem de corpo inteiro - contaminações internas com emissores gama podem ser avaliadas através de contadores de corpo inteiro, mas o seu valor imediatamente após acidentes pode ser limitado, uma vez que a simples presença de pequenas contaminações residuais da pele prejudicam ou impedem o exame.

#### 6.4 - TRATAMENTO

##### a - Proteção do pessoal e das instalações

Pacientes com contaminação interna podem disseminar a contaminação através de suas excretas e através do ar expirado. Assim, são indispensáveis, na manipulação de contaminados, a adoção de medidas de proteção do pessoal atendente e das instalações.

- Indumentária de proteção pessoal
  - . Gorro e máscara cirúrgica;
  - . Jaleco e calça cirúrgica;
  - . Avental cirúrgico;
  - . Avental de plástico;
  - . Luvas cirúrgicas (dois pares), fixando-se a luva externa ao avental com fita crepe;
  - . Botas de plástico, fixadas à calça com fita crepe;
  - . Dosímetros de uso pessoal (importância quase que exclusiva médico-legal, uma vez que é bastante improvável que a contaminação seja de ordem a produzir perigo de irradiação significativa para a equipe atendente) - devem ser fixados ao avental cirúrgico;

- Cuidados com as instalações: forrar o piso com plástico; forrar as macas com plástico; usar material descartável o máximo possível; não lançar ao chão gases, algodões, compressas ou quaisquer outros materiais empregados no paciente; seguir as orientações do pessoal de proteção radiológica.

##### b - Medidas Gerais <sup>(3\*)</sup>

- Alcalinização gástrica - este procedimento pode resultar na formação de hidróxidos relativamente insolúveis; pode estar indicada em contaminações em que tenha ocorrido ingestão de cobre, ferro ou plutônio.

- Lavagem gástrica - pode ser contemplada se a contaminação foi por ingestão e recente (até uma hora), levando-se em conta as

contra-indicações clássicas, como a ingestão de corrosivos.

- Catárticos ou laxativos (sulfato de magnésio, cáscara etc) - visam a acelerar o trânsito intestinal; têm limitado valor prático, sobretudo quando da prestação do atendimento inicial, devendo-se ainda considerar as contra-indicações e os efeitos colaterais possíveis, como hipocalcemia em caso de uso prolongado.

- Lavagem intestinal - poderá ser indicada no caso de contaminações, em substituição ao emprego de catárticos ou laxativos.

##### c - Abordagem Terapêutica <sup>(3+42)</sup>

###### c.1 - Principais formas de tratamento

- Bloqueio - através de agentes bloqueadores, isto é, substâncias químicas que saturam com um isótopo não radioativo o órgão-alvo, reduzindo dessa forma a incorporação do radionuclídeo; ex.: utilização de iodo, não radioativo, sob a forma de iodeto de potássio, em caso de contaminação com radioiodos.

- Diluição isotópica - constitui-se na administração de grandes quantidades do isótopo estável do radionuclídeo, de modo que estatisticamente a oportunidade de incorporação diminua; ex.: administração de água, por via oral ou parenteral, em contaminação com trício.

- Substituição - consiste no uso de elemento não radioativo de número atômico diferente para competir com o radionuclídeo, em virtude de terem a mesma preferência metabólica, ex.: administração de cálcio para competir com radioestrôncio.

- Quelação - baseia-se no emprego de compostos orgânicos que se ligam a íons metálicos formando compostos de coordenação ou quelatos metálicos, através da doação de elétrons ao metal; desta forma mascaram as propriedades do metal, permitindo sua excreção urinária, ex.: uso do ácido dietilenotriaminopentacético (DTPA) em contaminações com <sup>239</sup>Pu, <sup>241</sup>Am etc.

- Troca iônica - através de resinas trocadoras de íons (sem uso prático) ou de compostos que funcionam desta maneira, como o ferrocianeto férrico (Azul da Prússia), este indicado em contaminações com césio, tálio e rubídio.

- Mecânica - através de lavagem gástrica, intestinal e broncopulmonar, as lavagens gástrica e intestinal podem ser consideradas

como medidas gerais (ver subitem b), porém a broncopulmonar é reservada exclusivamente para a remoção de grandes cargas corporais, provenientes da inalação de compostos insolúveis, como plutônio não transportável (ver adiante).

## c.2 - Principais Medicamentos, Indicações, Posologia e Observações (Ver também Quadro I)

### - QUELANTES

Deve ser iniciado o mais rapidamente possível, dentro da primeira hora que suceder ao momento do acidente; o tratamento a longo prazo é recomendado quando houver incorporações pelo menos 10% acima do limite de incorporação anual. No Quadro II, em anexo, e nos itens seguintes são focalizados os quelantes mais comumente utilizados.

#### • DTPA (Ácido Dietilenotriaminopentacético)

- Apresentação: ampolas com 1g e cápsulas para aerosol (utilizadas com o inalador "Spinhaler"), com o nome comercial de Ditridentat®.

- Via de aplicação: endovenosa (1g em 250 ml de soro fisiológico a 0,9% ou glicosado a 5% administrados em 1 hora) ou inalatória.

- Indicações: contaminação interna por cobalto (Co), cromo (Cr), ferro (Fe), terras raras, manganês (Mn), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), produtos de fissão, plutônio (Pu), transurânicos, ítrio (Y), zinco (Zn) e zircônio (Zr).

- Esquema de tratamento: A dose diária é de 10 a 30 µmol por kg de peso corporal, observando-se como esquema terapêutico básico o que consta do esquema abaixo.

### TRATAMENTO A LONGO PRAZO COM DTPA

Período de tempo, dose, via e frequência após o acidente (há diferentes esquemas posológicos; o que se segue é apenas um exemplo recomendado no I Manual on Early Treatment of Possible Radiation Injury - AIEA, Safety Series, n°47) <sup>(40)</sup>.

Tão cedo quanto possível (na 1ª ou 2ª hora) - 1g por via venosa).

Primeira Semana - 0,5 g por via venosa, uma vez por dia ou três vezes na semana.

Semanas subseqüentes - 0,25 a 0,5 g por via venosa, duas vezes por semana, nos dois primeiros.

Mês subseqüente - sem tratamento.

Posteriormente 0,25 a 0,5 g, por via venosa, uma a duas vezes por semana, intercalando-se pausas de duas a três semanas.

### OBSERVAÇÕES

• Usar Ca-DTPA na fase inicial do tratamento e, *se disponível*, Zn-DTPA posteriormente, a longo prazo.

• Acompanhar a terapêutica com DTPA pela radioanálise de urina, visando a verificar a eliminação do elemento contaminante. A continuidade do tratamento vai depender da resposta: se houver aumento da excreção do contaminante, conforme bioanálise das excretas, o produto poderá ser mantido, até que isto não mais ocorra ou que o nível de incorporação se encontre dentro dos limites ocupacionais ou para os indivíduos do público. Também a idade do paciente é relevante neste aspecto, podendo-se ser menos intervencionista em casos de pessoas mais idosas.

- Contra-indicações e toxicidade: o uso de DTPA é, em princípio, contra-indicado na gravidez, pois pelo menos 1/6 da dose terapêutica é tóxica para o feto, podendo causar prematuridade, lisoencefalia, alterações tegumentares, depressão medular, nefrotoxicidade e até a morte fetal.

- Outras contra-indicações: insuficiência renal e hepática; a toxicidade principal é para os rins; secundariamente para mucosa intestinal e fígado; em especial com o Ca-DTPA, em tratamentos prolongados.

- Efeitos adversos: náuseas, vômitos, lipotímia e hipotensão arterial.

#### • BAL - British Antilewisite (Dimercaprol)

- Descrição: o dimercaprol é um líquido praticamente incolor, com odor desagradável; pode-se perceber leve sedimento em algumas ampolas, o que não representa deterioração do produto.

- Apresentação: ampolas com 3 ml, contendo 100 mg/ml.

- Via de aplicação: intramuscular (IM)

- Indicações: intoxicações com chumbo (Pb), polônio (Po), mercúrio (Hg), arsênico (As), ouro (Au) e bismuto (Bi).

- Esquema de tratamento: aplicar a dose de 3 mg/kg de peso corporal, por via I.M. profunda, de 4 em 4 horas, durante 3 dias (não exceder a 3 dias), obrigatoriamente em ambiente hospitalar; a sensibilidade individual deve ser testada previamente, utilizando-se 1/4 da ampola.

- Contraindicações: insuficiência renal; gravidez.

- Efeitos adversos: dor no local da injeção; febre (mais em crianças); redução transitória do número de polimorfonucleares; hipertensão arterial com taquicardia; náuseas ou vômitos; cefaléia; sensação de queimação nos lábios, boca e garganta; conjuntivite; rinorréia; lacrimejamento; blefaroespasma; salivação; sensação de queimação no pênis; sudorese; dor abdominal; formação de abscessos estéreis (alguns desses sintomas podem ser aliviados pelo uso de antihistamínicos).

- Precauções: uma vez que o complexo metal-dimercaprol separa-se facilmente em meio ácido, proceder à alcalinização da urina durante o tratamento, a fim de proteger os rins. Não deve ser administrado ferro durante o uso do BAL.

Não existe documentação sobre o uso seguro do BAL durante a gravidez, razão pela qual seu uso em gestantes deve ser restrito aos casos para os quais houver absoluta indicação médica, em face de situação de risco para a vida das pacientes.

#### • Deferoxamina (DFOA)

- Descrição: o nome comercial é Desferal Mesylate®, produto apresentado sob a forma de sal, com solubilidade em água superior a 25%.

- Apresentação: frascos com 500 mg.

- Via de aplicação: intramuscular (IM); por via endovenosa pode causar eritema, hipotensão e choque.

- Indicações: contaminações internas com cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn) e plutônio (Pu).

- Esquema de tratamento: aplicar 1g, via IM, no 1º dia, seguida de 0,5 g, 4/4h (2 doses).

- Toxicidade e contra-indicações: toxicidade para os rins, sendo contra-indicada nos casos de nefropatias e em gestantes (causa anormalidades esqueléticas no feto).

- Precauções: em caso de colapso vascular, a deferroxamina poderá ser administrada por via endovenosa, lentamente, em dose nunca superior a 15 mg/kg de peso corporal; dissolver o Desferal® pela adição de 2 ml de água destilada em cada frasco e em seguida dissolver a solução em soro fisiológico, em soro glicosado a 5% ou em Ringer- lactato.

- Observação: a DFOA pode ser associada ao DTPA, em casos de contaminações com plutônio, por seu efeito aditivo com este último quelante

#### - OUTROS MEDICAMENTOS

##### . Azul da Prússia

- Descrição: o nome comercial é Radiogardase-Cs®, produto apresentado sob a forma de cápsulas, contendo 500 mg de ferrocianeto férrico (Azul da Prússia ou Azul de Berlim).

- Apresentação: cápsulas com 500mg.

- Via de aplicação: oral

- Indicações: contaminações com tório (Th), cério (Ce) e rubídio (Rb).

- Esquema de tratamento: administrar 1g três vezes ao dia (doses de até 10 g/dia foram administradas no acidente de Goiânia, sem aparente toxicidade) <sup>(43)</sup>.

- Toxicidade e contra-indicações: por ser essencialmente não absorvível, virtualmente, não há contra-indicação; podem ser referidas constipação intestinal e epigastria quando altas doses são administradas.

**OBSERVAÇÃO:** o Azul da Prússia é bem tolerado por via oral e, se administrado prontamente após a ingestão de Th, Ce e Rb, diminui a absorção destes

elementos; mesmo em caso de já ter ocorrido absorção, ele é útil, ligando-se, por exemplo, ao césio que é ciclado da corrente circulatória para a luz intestinal, onde é novamente absorvido (ciclo hemo-entérico).

#### . Hidróxido de Alumínio

- Descrição: o produto geralmente é apresentado sob a forma coloidal.

- Apresentação: variável, em geral, vidros com 200 ml de hidróxido de alumínio.

- Via de aplicação: oral.

- Indicações: no caso específico da medicina das radiações ionizantes, é indicado em contaminações internas com estrôncio (Sr).

- Esquema de tratamento: administrar 100 ml, seguindo-se 40 ml a cada 1 a 2 horas.

- Precaução e efeito colateral: impede a absorção das tetraciclínas quando administradas concomitantemente; pode causar constipação intestinal.

#### . Iodeto de Potássio

- Descrição e apresentação: comprimidos sulcados, contendo 130 mg de iodeto de potássio (KI).

- Via de aplicação: oral.

- Indicações: especificamente no campo da medicina das radiações ionizantes, como preventivo ou em contaminações internas com os isótopos radioativos do iodo (I).

- Esquema de tratamento:

- Como preventivo em acidentes em instalações nucleares <sup>(44)</sup>, com possibilidade de liberação de radioiodos: 130 mg em adultos e crianças acima de 1 ano e 65 mg em crianças abaixo de 1 ano (dose diária); o emprego do KI nessas condições se fará na dependência da adoção de outras contra-medidas, como confinamento e evacuação populacional, em conformidade com o plano geral de emergência da instalação nuclear.

- Em contaminações internas comprovadas: a mesma dose, o mais precocemente possível após a contaminação (1 1/2ª hora), por sete dias.

- Toxicidade e contra-indicações: efeitos colaterais importantes oriundos da administração do KI, com poucas exceções, relacionam-se apenas ao emprego crônico desta droga, não sendo esperados nos casos acima mencionados.

Algumas exceções podem ser as pessoas intensamente sensíveis ao KI, bem como pacientes com patologias tireoidianas prévias, os neonatos e os idosos.

Aconselhamos, para melhor avaliação do assunto, consulta às recomendações finais do "Bureau of Radiological Health and Bureau of Drugs, Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services" - USA, abril de 1982, cujo título é "Potassium Iodide as a Thyroid - Blocking Agent in a Radiation Emergency" <sup>(45)</sup>.

#### . Cianocobalamina

- Descrição e apresentação: variável, por exemplo solução injetável de vitamina B12, com 1.000mcg de cianocobalamina por ampola de 1ml.

- Via de aplicação: injeção intramuscular.

- Indicações: na área da medicina das radiações ionizantes, nas contaminações internas com os isótopos radioativos do cobalto (Co).

- Esquema de tratamento: administrar 1.000 a 5.000mcg de cianocobalamina, o mais rapidamente que se puder, após contaminações com isótopos radioativos do Co.

- Contraindicações: pacientes sensíveis ao cobalto e/ou à vitamina B12.

- Precauções: antes de administrar-se o produto, recomenda-se fazer teste alérgico intradérmico.

- Reações adversas: diarreia discreta, policitemia vera, trombose vascular, prurido, exantema transitório, sensação de inchaço no corpo, edema pulmonar e insuficiência cardíaca, choque anafilático e morte.

. Estojo de uso pessoal para descontaminação (Ver Quadro III)

#### d - Medidas Terapêuticas Diversas

### d.1 - Lavagem Broncopulmonar

- Indicações: contaminação pulmonar com radionuclídeos não transportáveis, especialmente emissores alfa, quando a carga pulmonar for pelo menos 10 vezes maior do que a carga pulmonar máxima permissível (MPLB). Evitar o emprego desse método em pacientes idosos, em face do risco de câncer pulmonar estar relacionado a período de latência superior a 10 anos.

- Considerações especiais: a lavagem broncopulmonar deve ser executada por especialista qualificado. A taxa de mortalidade dessa medida é 1/4.000, o que corresponde à da anestesia geral.

Constitui o único procedimento terapêutico possível em casos de inalação de plutônio sob a forma insolúvel, como óxidos destes elementos.

Estudos anátomo-patológicos, realizados em cães beagles, após serem submetidos a lavagem broncopulmonar, não demonstraram qualquer lesão tecidual importante, atribuível a esse método de tratamento.

### d.2 - Lavagem Gástrica

- Indicações: contaminações internas por ingestão de radionuclídeos, no máximo até transcorrida uma hora do acidente, quando a carga corporal for ainda desconhecida ou, se conhecida, superar, pelo menos, em 10% o limite de incorporação anual (LIA).

- Cuidado especial: evitar disseminar a contaminação para o ambiente (fornar o leito do paciente e o chão com plástico).

### d.3 - Lavagem Intestinal

- Indicações e objetivo: descontaminação em casos de ingestão de radionuclídeos. Poderá substituir o emprego de laxativos e medicamentos aceleradores do trânsito intestinal, medida de pouco resultado prático.

## 7 CONTAMINAÇÃO EXTERNA

### 7.1 - CONCEITO

Define-se contaminação externa, para os propósitos deste Manual, como a

presença indesejável de material radioativo na pele de um indivíduo.

### 7.2 - GENERALIDADES

É o acidente mais comum na área nuclear, podendo variar desde formas leves, facilmente solucionadas, até problemas com grande potencial evolutivo, com possibilidade de chegar a situações graves, quando existir uma solução de continuidade na pele, seja por um problema agudo (ex: ferimento produzido no momento do acidente) ou por problemas crônicos, traumáticos (exs: feridas em fase de cicatrização) ou não (exs: psoríase, eczemas etc). Em função dessa potencialidade, os empregados com afecções agudas ou crônicas, que levem a uma solução de continuidade ou diminuição da resistência da pele, estarão contraindicados para o trabalho envolvendo a utilização de materiais radioativos.

### 7.3 - DESCONTAMINAÇÃO

A descontaminação externa visa a retirar da pele a maior quantidade possível de radionuclídeos, através de procedimentos diversos, a serem descritos abaixo, iniciando-se sempre pelos mais simples e só lançando mão dos mais complexos caso as medidas iniciais se mostrem ineficazes.

#### 7.3.1 - MEDIDAS GERAIS

Os procedimentos de descontaminação deverão ser, de preferência, realizados com o apoio de especialistas em proteção radiológica, no que concerne à monitoração prévia, concomitante e posterior à descontaminação. No entanto, é importante levar em consideração os seguintes aspectos:

a - A descontaminação básica deverá ser feita apenas com água corrente morna e sabão neutro, em lavagens sucessivas, acompanhadas de monitoração da área sob tratamento. Caso haja persistência da contaminação, pode-se usar uma escova de pêlos macios, tomando-se cuidado para não provocar escoriações na pele. Se, apesar das lavagens repetidas, ainda houver contaminação da pele, estaremos diante de uma contaminação persistente, cujo enfoque será abordado adiante.

b - A descontaminação da cabeça e dos orifícios naturais da face será tratada de

modo especial, como veremos adiante. Devemos atentar para não introduzirmos, durante os procedimentos de descontaminação, a contaminação por esses orifícios.

c - Devemos lembrar que o primeiro procedimento a ser realizado frente a um paciente com contaminação externa é despí-lo, o que geralmente, por si só, já diminui sensivelmente a intensidade da contaminação mensurada.

d - Nos casos de contaminação com radionuclídeos que possam ser absorvidos ou inalados (iodo, trício), não se deve esquecer de administrar o antídoto específico.

e - Deve-se, em acidentados e contaminados externamente, procurar a existência de ferimentos, que uma vez constatados, serão alvo de monitoração. Se se comprovar contaminação radiológica dos mesmos, o paciente será, "a priori", considerado também, como portador de contaminação interna.

f - Os cuidados com uma ferida são de suma importância. Deve-se estar atento durante as manobras de descontaminação, de modo a não levarmos contaminação para outras regiões. Assim sendo, sempre que possível, a área ao redor da ferida será protegida com plástico ou fita gomada. Manobras intempestivas podem aumentar ou causar contaminações internas, inclusive em feridas previamente isentas de contaminação.

### 7.3.2 - CASOS ESPECIAIS

#### a - Descontaminação da Pele Envolvendo Grande Superfície Corporal.

Submeter o acidentado a lavagem corporal, em chuveiro, com água morna e sabão neutro, fazendo movimentos de cima para baixo, excluindo a lavagem da cabeça que será feita em separado, se houver suspeita de contaminação do segmento cefálico, o qual deve ser mantido protegido por uma touca. Caso não haja condições clínicas, pode-se usar maca própria. Posteriormente, submeter o indivíduo a uma monitoração e, caso haja contaminação persistente, observar a conduta indicada.

#### b - Olhos

Lavar abundantemente com água ou soro fisiológico, evitando espalhar a contaminação para cabelos e face. O uso de colírio anestésico é, em princípio, contraindicado por provocar vasodilatação e favorecer a absorção dos radionuclídeos.

#### c - Nariz

Em primeiro lugar devem ser recolhidas amostras para radioanálises e, a seguir, proceder-se-á à lavagem com soro fisiológico através de instilações e uso de cotonetes, evitando-se introduzir a contaminação mais profundamente nas vias aéreas superiores. Não esquecer de fazer a monitoração do cotonete a cada uso, possibilitando-se acompanhar o andamento da descontaminação.

#### d - Boca

Lavar com água, fazendo com que o acidentado não degluta ou inale o líquido de lavagem. A manobra deverá ser feita com o paciente sentado ou em pé e com a cabeça inclinada para frente e para baixo.

#### e - Face

Recolher, inicialmente, amostras para análises através de papel-filtro ou cotonete. A seguir fazer a limpeza da região com compressas úmidas com água morna ou soro fisiológico e sabão neutro, cuidando-se para não haver espalhamento da contaminação.

#### f - Couro Cabeludo

A descontaminação do couro cabeludo, sempre que possível, deverá ser feita com o paciente sentado em cadeira apropriada (cadeira de otorrinolaringologia), com a cabeça bem inclinada para trás.

A face deverá ser protegida, assim como o tronco, através de capas de plástico. Os condutos auditivos externos deverão ser protegidos com algodão hidrófobo.

A lavagem deverá ser feita com água morna e sabão neutro.

A tricotomia só será necessária em caso de contaminação residual.

#### g - Ouvidos Externos

Usar cotonetes embebidos em soro fisiológico.

## h - Contaminação Persistente da Pele

É considerada contaminação persistente da pele aquela que não pode ser retirada através das lavagens repetidas com água morna e sabão neutro. Algumas medidas específicas podem ser tentadas, dependendo do contaminante, como será esquematizado a seguir.

### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA CONTAMINAÇÃO RESIDUAL DA PELE

#### Radionuclídeos Mais Comuns

**Terras Raras:** Lavagem com solução de DTPA a 1%, esfregando levemente a área contaminada, do centro para a periferia. Medida alternativa: lavagem com solução aquosa de HCl (pH 1). Repetir a lavagem tantas vezes quantas forem necessárias. Interromper se surgir hiperemia cutânea.

**Transurânicos:** lavagem com solução de DTPA a 1%.

**Estrôncio:** Em caso de qualquer ferida, por menor que seja, aplicação de solução de NaCl, esfregando em seguida com cotonete.

**Urânio:** Lavagem com solução de  $\text{NaHCO}_3$  a 8,4% ou a 14%. (Ver Obs).

**Produtos de Fissão:** Lavagem com solução de DTPA a 1% (ou HCl) (Ver Obs).

#### (.) Observação:

Mantendo-se a contaminação após as medidas acima, usar solução saturada de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) a 4% e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) a 0,2 N, esfregando suavemente o local; secar e, em seguida, lavar com água; se ainda persistir a contaminação, usar solução de hipossulfito de sódio ( $\text{NaHSO}_3$ ) a 5%, deixando permanecer em contato com a pele no máximo dois minutos.

Uma medida alternativa para o tratamento de contaminação persistente é o uso de fita gomada ou, em casos selecionados, de lixas, com a retirada da camada superficial da epiderme, sempre cuidando para que não seja provocada lesão cutânea conseqüente, o que pode transformar uma contaminação externa em interna.

#### 7.3.3 - PROCEDIMENTOS FINAIS

- Se, após todas as medidas acima descritas, permanecer uma contaminação fixa residual na pele, deve ser o local protegido, especialmente com vistas a evitar a disseminação da contaminação, inclusive para eventual solução de continuidade da superfície cutânea, proximamente situada, o que é feito pela aplicação de uma solução de lanolina; em seguida, proceder a curativo oclusivo, com material plástico, a ser mantido sob controle, acompanhado de monitoração, até sua retirada.

- Observação Importante: apesar de ser necessário dispensar, ao máximo, os cuidados relatados acima, deve ser lembrado que contaminações externas residuais podem ser menos maléficas do que o emprego abusivo de processos de remoção do material radioativo, capazes de causar lesão da superfície cutânea.

#### 7.3.4 - Desbridamento Cirúrgico

O desbridamento cirúrgico que for indicado será realizado de forma idêntica à de qualquer ferida convencional, acrescentando-se, entretanto, o devido controle radiológico, em articulação com os especialistas em proteção radiológica.

- Qualquer excisão mais extensa deverá ser judiciosa, levando-se em conta o comportamento do radionuclídeo no organismo, razão pela qual será necessária a identificação do elemento contaminante.

As seguintes medidas de proteção são necessárias:

a. proteger a mesa cirúrgica e o chão da sala de cirurgia com plástico;

b. monitorar, de acordo com o contaminante, o campo cirúrgico, o material utilizado (luvas, instrumental etc), inclusive o de expurgo, e a sala de cirurgia;

c. monitorar sondas, tubos, vidros de aspiradores etc;

d. usar, ao máximo, material descartável e considerar como material de expurgo toda roupa contaminada utilizada pela equipe cirúrgica;

e. enviar as peças cirúrgicas para exame radioanalítico;

f. acondicionar, adequadamente, as peças cirúrgicas a serem encaminhadas para exame anátomo-patológico.

### 7.3.5 - CRITÉRIOS PARA SUSPENSÃO

É de suma importância registrar que o procedimento básico de descontaminação da pele consiste no uso apenas de água morna e sabão neutro.

Outras atitudes, como as expostas acima, somente serão adotadas em casos excepcionais, por intermédio de orientação especializada.

Quanto ao momento de se suspender a descontaminação, não há regra formal para tal, devendo-se levar em conta a relação riscos/benefícios; pode-se definir este momento como sendo aquele em que todos os procedimentos são inúteis, conforme os dados de monitoração, ou seja, quando há falta de resposta adicional.

Alguns consideram os valores de contagem beta e gama iguais ou menores que  $5 \times 10^{-4}$  mGy/h e alfa iguais ou menores que 150 dpm/100 cm<sup>2</sup>, como um marco que autorizaria o término das manobras de descontaminação. Por outro lado, deve-se evitar ao máximo provocar solução de continuidade da pele, sendo a hiperemia cutânea sinal de alerta, que uma vez presente indica iminência de lesão se se mantiver o processo de descontaminação.

### 7.3.6 - INDUMENTÁRIA DE PROTEÇÃO PESSOAL

Ver CONTAMINAÇÃO INTERNA, subitem 6.4.

### 7.3.7 - CUIDADOS COM A INSTALAÇÃO

Ver CONTAMINAÇÃO INTERNA, subitem 6.4.

### 7.3.8 - DESTINAÇÃO DE REJEITOS

Todo material utilizado em processos de descontaminação deve ser devidamente acondicionado em recipientes forrados com plástico, com vistas às análises radiométricas e radioanalíticas recomendadas pelas autoridades de Proteção Radiológica, que decidirão sobre o seu destino.

A água de lavagem não deverá ser diretamente lançada no sistema convencional de esgotos. Em centros especializados de tratamento de radioacidentados, o esgotamento deverá drenar para tanques de contenção, onde amostras da água de lavagem serão analisadas para decidir-se sobre sua liberação para o sistema de

esgotos. Em outros locais, onde não houver tanques de contenção, pequenas contaminações com baixa atividade não demandam essa precaução, devendo-se no entanto observar os limites estabelecidos pelas autoridades competentes para a liberação de rejeitos radioativos.

## 6 PLANIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO (Informações básicas)

Em qualquer instalação nuclear ou radioativa - industrial, médica ou de pesquisa - há necessidade de haver uma planificação para o atendimento a radioacidentados <sup>(47-49)</sup>

A planificação do atendimento pressupõe que alguns requisitos básicos sejam atendidos, tais como:

a) treinamento periódico de todo o pessoal da instalação em primeiros socorros, em geral, e específicos no caso de acidentes que envolvam exposição a radiação e/ou contaminação com radionuclídeos;

b) identificação e conhecimento por parte de todo o pessoal da instalação sobre os tipos de acidentes com possibilidade de ocorrência exposição; contaminação interna; contaminação externa; natureza dos radionuclídeos etc);

c) existência de um plano de atendimento médico-hospitalar hierarquizado, por escrito, de conhecimento de todos, inclusive do pessoal que trabalhe em escala de turnos;

d) exercícios simulados com periodicidade anual (podendo ser menor, de acordo com dispositivos legais em caso de instalações nucleares), quando serão discutidos aspectos relacionados a um possível atendimento e quando poderão ser efetuadas modificações ou adaptações no referido plano.

Com base no exposto acima, o plano de atendimento médico-hospitalar deve se estratificar em três níveis de atendimento:

**Nível 1** - corresponde a assistência prestada no próprio local do acidente ou em áreas previamente determinadas da instalação, pelos colegas da(s) vítima(s) ou pelo pessoal da proteção radiológica. Esta etapa pode também representar atendimento no ambulatório médico da instalação, se houver. Da mesma forma, o atendimento pré-hospitalar a radioacidentados poderá ocorrer em via pública, em decorrência de colisão de veículos transportando fontes de radiação.

Nessa eventualidade, o pessoal da Defesa Civil, bombeiros, paramédicos e socorristas em geral poderiam estar envolvidos no procedimento.

No nível 1 poderão ser prestados procedimentos convencionais de primeiros socorros (ressuscitação cárdio-respiratória, cuidados com hemorragias, traumatismos etc), descontaminação externa e a administração de antídotos específicos em caso de possível contaminação interna (ver capítulos correspondentes).

Não se pode perder de vista que no caso de acidentes de radiação, com lesões convencionais associadas, como traumatismos, hemorragias, queimaduras etc, a prioridade do atendimento é para as condições que põem em risco a vida do acidentado ou lhe causem maior sofrimento. Isto é de suma importância para o treinamento das pessoas envolvidas neste nível de assistência.

Nível 2 - este é representado pelo "hospital local designado", para o qual, se necessário, serão removidos os pacientes já atendidos no Nível 1 e que tenham tido suas condições clínicas estabilizadas. São pacientes que demandam atendimento médico-cirúrgico (fraturas, traumatismos torácico, crânio-encefálico ou abdominal, queimaduras etc), mas que também podem ter contaminações externas não removidas ou apenas parcialmente removidas, ou ainda possíveis contaminações internas. Há necessidade de grande interação técnico-administrativa entre os Níveis 1 e 2, devendo o "hospital local designado" estar situado o mais próximo possível da instalação, ser um hospital geral, mesmo que de pequeno porte, contar com locais apropriados para o atendimento a contaminados (ver capítulos de CONTAMINAÇÃO INTERNA e CONTAMINAÇÃO EXTERNA) e pessoal habilitado também nos aspectos próprios da assistência médico-hospitalar a radioacidentados. Faz-se também necessário haver instrumentação para a monitoração de contaminações e para a dosimetria ambiental. Da mesma forma, deve haver tratamento adequado para os rejeitos radioativos provenientes dos processos de descontaminação, inclusive local de contenção para rejeitos líquidos. Como são atendidos neste Nível pacientes com possível contaminação interna, é indispensável que ao lado de detectores portáteis encontrem-se todos os medicamentos necessários para fazer face

aos radiocontaminantes que podem ser encontrados nas diferentes situações <sup>(46-47)</sup>.

Nível 3 - diz respeito ao chamado "centro definitivo de tratamento", para apoio altamente especializado. Sendo um centro de referência, poderá estar situado à distância da instalação radioativa ou nuclear, apoiando várias delas. Além de todas as facilidades em termos de recursos humanos constantes do Nível 2, este centro deverá ter condições excelentes para o atendimento a irradiados que apresentem depressão medular ou lesões localizadas que demandem intervenções por especialistas em Hematologia, Cirurgia Plástica e Reparadora, Microcirurgia e Cirurgia Vascular, entre outras.

Depreende-se que nestes centros de referência serão tratados pacientes com o síndrome agudo da radiação, síndrome da lesão combinada e/ou com grandes contaminações internas, capazes de provocar depressão medular, o que é extremamente raro, porém observado no acidente de Goiânia <sup>(48)</sup>.

No Anexo 10.5 encontra-se a relação de equipamentos, materiais e medicamentos necessários a assistência a radioacidentados nos diferentes níveis de atendimento <sup>(50-51)</sup>.

De toda forma, o estabelecimento de recursos humanos e materiais para o atendimento a radioacidentados e o seu dimensionamento vão depender sobretudo da avaliação da probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de acidente e de suas consequências <sup>(52-53)</sup>.

## 9 HISTÓRICO DE ACIDENTES COM RADIAÇÃO <sup>(5, 27, 31, 54-61)</sup>

### 9.1 INTRODUÇÃO

Os acidentes com material radioativo (acidentes radiológicos) são observados desde os primórdios do emprego tecnológico da radiação ionizante. Assim, há ocorrências relativas a [queimaduras radiológicas] afetando radiologistas nas primeiras décadas do século, caracterizando, desde já, acidentes ocupacionais.

Com o emprego crescente do átomo, inclusive com a finalidade de produção de artefatos bélicos, se registra, por exemplo, nos dez meses que antecedem o término da

II Guerra Mundial, dois graves acidentes no Laboratório de Los Alamos, EUA, onde se desenvolvia o chamado Projeto Manhattan. Em cada um dos casos houve a morte de um operador e superexposições em outros indivíduos (ver adiante).

Ao abordarmos os acidentes radiológicos - AR's - é importante observar as definições introdutórias neste Manual sobre o tema. Assim é que, *acidente radiológico* é definido como qualquer evento não planejado, que resulte em exposições a doses de radiação acima dos limites legais estabelecidos pelas autoridades competentes do país.

Obviamente, nem todo acidente, como acima definido, determina doses de radiação capazes de provocar manifestações clínicas evidentes. Devemos, nesse sentido, atentar para os limites de doses agudas para o desencadeamento do Síndrome Agudo da Radiação e de radiolesões localizadas, por exemplo (ver capítulos correspondentes).

De qualquer modo, os critérios usados para se catalogar um AR como importante são extremamente conservadores, como observamos no quadro abaixo, representativo dos critérios do Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS) de Oak Ridge, Tennessee, EUA.

#### CRITÉRIOS DO REAC/TS PARA DEFINIÇÃO DE UM AR COMO IMPORTANTE

CONDIÇÃO	DOSE - Sv
irradiação de corpo inteiro	0,25
irradiação localizada	6
contaminação interna	= ou > que MPBB <sup>2</sup>
lesões combinadas graves	-

De 1944 até a atualidade há cerca de 400 AR's em todo o mundo que se enquadram nos critérios acima e que foram devidamente catalogados. Certamente, há subnotificação de ocorrências, sobretudo no antigo bloco soviético e em países em desenvolvimento.

Poderíamos acrescentar que um AR é importante, também, na dependência do número de vítimas, de seu impacto econômico, social, psicológico etc.

<sup>2</sup> MPBB - carga corporal máxima permissível - limite de incorporação de um certo radionuclídeo para o trabalhador em toda a sua vida.

A seguir, estabelecemos a classificação dos AR's e apresentamos alguns exemplos ilustrativos do amplo espectro dessa condição.

## 9.2 CLASSIFICAÇÃO

Classicamente, os AR's se dividem da seguinte forma:

- Irradiação de corpo inteiro - ICI
  - ♦ homogênea - ICIH
  - ♦ não homogênea - ICINH
- Irradiação localizada - IL
- Contaminação radiológica - CR
  - ♦ interna - CRI
  - ♦ externa - CRE
- Associados - qualquer associação entre ICI, IL e CR
- Acidentes combinados - AC - qualquer combinação entre os AR's e traumas convencionais, como fraturas, queimaduras térmicas, exposição a agentes químicos etc (ver também Síndrome da Lesão Combinada).

## 9.3 EXEMPLOS DE AR's

Os AR's acontecem da maneira a mais variada possível. Os exemplos seguintes, descritos sucintamente, ilustram tal fato:

### • LOS ALAMOS I

*Acidente de criticidade*, em agosto de 1945, no Laboratório de Los Alamos, onde se testava a propriedade fissil do plutônio metálico. O físico iniciou o experimento à noite, apenas com a presença de um guarda de segurança. Ao tentar resolver um desvio na experiência, deixou cair um tijolo de tungstênio sobre outros que protegiam a esfera que continha o material fissil, causando assim uma reação crítica.

Doses estimadas: 2 Gy (nêutrons) e 1,1 Gy (gama);

Evolução: óbito em 24 dias.

### • ILHAS MARSHALL

Em março de 1954, *debris radioativos resultantes de um teste nuclear* no atol de Bikini, no Pacífico Central, desviaram-se de sua trajetória imaginada e contaminaram diversos atóis no nordeste das Ilhas Marshall. Como resultado, 239 habitantes das ilhas, 28 americanos em serviço no local e 23 pescadores japoneses nas proximidades,

foram afetados pela precipitação radioativa. Um dos pescadores faleceu com o SAR, estimando-se sua dose total entre 5,1 a 5,9 Gy.

Como consequência tardia, vários habitantes das ilhas desenvolveram nódulos e tumores tireoidianos.

#### • LA PLATA, 1968

Esta ocorrência foi resultante do extravio de uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$ , de um equipamento de gamagrafia industrial, em um canteiro de obras em La Plata, Argentina, em maio de 1968.

Um trabalhador boliviano, de 37 anos, de uma empreiteira encontrou a referida fonte, com uma atividade de 13 Ci, mantendo-a nos bolsos de sua calça por cerca de 18 horas. As doses localizadas foram altíssimas - variando de 0,5 a 1700 Gy.

O paciente sofreu amputações nas raízes das coxas, e nos 2º, 3º e 4º dedos da mão esquerda. Manifestou ainda atrofia testicular e peniana, demandando reconstrução cirúrgica do canal urinário.

#### • ARGÉLIA, 1978

Em maio de 1978 uma fonte de  $^{137}\text{Ir}$ , com 25 Ci, usada para gamagrafia industrial, caiu de um caminhão na estrada de Argel para Setif. Achada por dois meninos, foi posteriormente guardada na cozinha da casa dos mesmos.

A fonte permaneceu na casa por cinco ou seis semanas até ser encontrada pelas autoridades argelinas, 38 dias após a sua perda.

Várias pessoas da família foram irradiadas durante o período, de maneira diversa. Quatro pacientes foram tratados em Paris, inclusive uma grávida, que abortou espontaneamente. Todos desenvolveram depressão medular, requerendo prolongadas internações e tratamento especializado, incluindo antibióticos e antimicóticos de última geração à época e transfusões de plaquetas, granulócitos e hemácias.

As doses medulares acumuladas desses quatro indivíduos situaram-se entre 12-14 Gy, 12,5-14 Gy, 11-13 Gy e 10-12 Gy. Alertamos para a evolução favorável face à excelência do tratamento e ao recebimento de doses fracionadas, ao longo de semanas.

#### • ARGENTINA, 1983

Acidente ocupacional, em reator

experimental, que tipifica o chamado *Irifriday afternoon syndrome*.

Em setembro de 1983, um operador ~~sem~~ experiências com a técnica de fonte ~~portátil~~ sem a presença de pessoal de segurança industrial, não evacuou totalmente o reator antes de alterar a configuração e introduziu as barras de controle de ~~deslize~~ ao introduzir 15 barras combustíveis. Este tão grosseiro caracteriza o síndrome ~~antes~~ mencionado: pressa e desatenção nas tardes de sexta-feira, pela ansia de ~~seu~~ trabalho.

Homem: uma excursão crítica e o operador ~~foram~~ irradiado. Outras pessoas, em outros recintos receberam doses bem menores.

A dose média estimada foi de 14 Gy (nêutrons rápidos) e de 4 Gy de radiação  $\gamma$ , num total de 18 Gy (dose equivalente - ver unidades de radiação) para o corpo inteiro. O acidentado ficou 47 horas após a exposição, com o síndrome agudo da radiação ~~neutrons~~ nuclear.

#### JUARÉZ, MÉXICO

Uma fonte de  $^{60}\text{Co}$ , de teleterapia, com atividade original de 1500 Ci em 1977, foi retirada da cabeça do equipamento em um hospital de Juárez em novembro de 1982. O indivíduo responsável por essa operação clandestina danificou a fonte, ao que parece na carroceria de um caminhão.

Mais de 6.000 pastilhas do material radioativo, com cerca de 1 mm de diâmetro e com atividade de cerca de 70 mCi foram liberadas. A cápsula da unidade e a sua haste, combinadas com as pastilhas de  $^{60}\text{Co}$ , foram levadas a um ferro-velho e revendidas a duas fundições, onde foram processadas em barras de aço.

O acidente só foi descoberto em janeiro de 1984, quando um caminhão com algumas dessas barras passou em frente ao Laboratório de Los Alamos, EUA, fazendo alarmar os dados de radiação existentes.

Homem: necessidade de descontaminação ambiental, conseguindo-se recuperar em Juárez e Chihuahua 450 Ci, ao que parece, a atividade total da fonte por ocasião de sua ~~descoberta~~ radiação.

Ademais, os empregados do ferro-velho ~~parecem~~ receberam doses corporais

de até 4,5 Sv e uma pessoa 150 Sv localizadamente, nas mãos. Duzentas pessoas foram afetadas em maior ou menor extensão, não havendo porém óbitos decorrentes imediatamente do acidente.

#### • CHERNOBYL

O acidente ocorrido na unidade 4 da central nuclear de Chernobyl, em 26 de abril de 1986, na Ucrânia, foi o mais grave até hoje em uma instalação nuclear. Trata-se, assim, de um *a c i d e n t e n u c l e a r* e não radiológico.

De uma maneira extremamente simplificada, o acidente aconteceu durante uma interrupção programada do reator para manutenção, enquanto se realizavam testes de eletromecânica, a cargo de uma equipe de eletrotécnicos não afeiçoada aos procedimentos de segurança de um reator nuclear. Uma sucessão de violações às mais elementares normas de segurança e as características do reator, diversas das do mundo ocidental, fez com que a evolução do acidente se tornasse irreversível e catastrófica.

Para se ter uma idéia da gravidade, cerca de 5 milhões de pessoas foram, em maior ou menor escala, expostas à precipitação radioativa de Chernobyl. A dose coletiva incorrida de corpo inteiro situa-se em torno de 90.000 person/Sv e a tireoidiana próxima de 200.000 person/Sv. A radioatividade total dos materiais liberados no desastre representa 200 vezes a das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki, em conjunto.

Logo da ocorrência da catástrofe, as 444 pessoas que trabalhavam no sítio do reator foram expostas a altas doses de radiação. Duas faleceram imediatamente de causas traumáticas, cerca de 300 foram hospitalizadas e 134 exibiram o síndrome agudo da radiação, em associação muitas vezes com queimaduras químicas, térmicas e radiológicas. Dessas 134, 28 vieram a morrer nos 3 meses subsequentes à ocorrência.

As zonas de maior contaminação ambiental se encontram no que são hoje a Bielorrússia, a Ucrânia e a Federação Russa. Seguindo-se ao acidente, as autoridades soviéticas classificaram as áreas atingidas em zonas de contaminação radioativa, da seguinte maneira:

NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO - kBq/m <sup>2</sup>	MEDIDAS ADOTADAS
37 - 555	exame periódico de

	saúde, sem outras medidas especiais
555 - 1480	acompanhamento frequente; restrições no uso de alimentos; descontaminação
> 1480	evacuação populacional

Há ainda um expressivo número de pessoas vivendo em áreas contaminadas, de *loblasts*<sup>3</sup> e *lrayons*<sup>4</sup>. Estas, a população que foi evacuada e aqueles que trabalharam na minimização das consequências do acidente e no seu rescaldo (*liquidators*), representam coortes objeto de programas específicos dos países afetados e de organismos internacionais, como a própria OMS, com o apoio de países-membro (Japão, Suíça, Finlândia, Eslováquia e República Tcheca). Cabe destaque ao *International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident* - IPHECA - instituído em 1991.

O estudo IPHECA se refere aos efeitos sobre a saúde decorrentes diretamente da exposição às radiações ionizantes em Chernobyl e também como consequência de fatores independentes, tais como o enorme impacto psicológico provocado pela evacuação forçada e o medo permanente dos habitantes expostos de sofrerem efeitos tardios radioinduzidos. Podemos concluir em relação aos efeitos tardios do acidente de Chernobyl que ocorreram importantes efeitos psicossociais na população afetada, não por conta da exposição à radiação ionizante propriamente dita, mas em decorrência da própria natureza desse gravíssimo desastre, da falta de informação imediatamente após a sua ocorrência e as dúvidas e incertezas daí decorrentes. Da mesma forma, tiveram papel preponderante na gênese dessas manifestações a evacuação obrigatória, o embargo de alimentos e o medo de manifestações tardias radioinduzidas.

Considerando-se a grande massa populacional afetada dessa maneira, não há dúvida que os efeitos psicossociais se constituem em grave problema de saúde pública;

<sup>3</sup> grande divisão administrativa e territorial; cada país consiste em um número de *loblasts*.

<sup>4</sup> divisão administrativa e territorial menor; cada *loblast* é dividido em *lrayons*.

O acidente de Chernobyl causou um grande aumento na incidência nos cânceres de tireóide, principalmente em crianças vivendo nas áreas contaminadas. Há que se registrar, por exemplo, que no lóblastil de Gomel, na Bielorrússia, o aumento foi de cerca de 100 vezes em relação aos níveis pré-acidente.

Há dúvidas quanto ao fator etiológico preponderante no aumento desses tumores tireoidianos, mas parece, no entanto, que o  $^{131}\text{I}$  e outros radioiodos foram as principais fontes de exposição da tireóide. Infelizmente, em virtude da extensão do desastre, os soviéticos não foram capazes de estabelecer um controle sobre a população que recebeu, após o acidente, iodeto de potássio estável (KI), como contra-medida protetora da tireóide e assim, dados como dose de KI, idade, sexo, tempo de efetiva utilização etc, não se encontram disponíveis, impedindo a avaliação da sua utilidade como agente bloqueador da glândula tireoidiana, o que pelo menos no plano teórico levaria a uma diminuição no número de casos de cânceres tireoidianos radioinduzidos.

Diferentemente de Hiroshima e Nagasaki, não houve nas áreas afetadas pelo acidente de Chernobyl um maior número de leucemias. Tal fato deve-se provavelmente às características da liberação radioativa do acidente (ausência de componente neutrônico, doses fracionadas e diferentes vias de exposição), mas há ainda necessidade de outros estudos de acompanhamento a longo prazo;

Há evidências que sugerem danos lin uterol, determinando retardo mental e desvios comportamentais e emocionais nas crianças afetadas, mas a ausência de dados dosimétricos nesses casos, ao lado de aspectos avaliatórios muito subjetivos, impede o estabelecimento de qualquer conclusão definitiva neste aspecto.

#### • GOIÂNIA

No dia 13 de setembro de 1987, *dois catadores de papel removeram a cabeça de um equipamento de radioterapia abandonado em uma clínica em ruínas em Goiânia.* A atividade da fonte ( $^{137}\text{Cs}$ ) na época era de 50,8 TBq.

Eles a colocaram em um carrinho-de-mão e a conduziram para o quintal da casa de

um deles onde tentaram desmontá-la. De fato, conseguiram quebrar o obturador do colimador e com uma chave-de-fenda removeram pequenos fragmentos da fonte, que se espalharam pela área.

No dia 18 do mesmo mês, a cápsula com a fonte danificada foi transportada por outro indivíduo para um ferro-velho. À noite, o dono do ferro-velho notou que a fonte cintilava no escuro, passando a exibí-la a parentes, vizinhos e amigos. Três dias após, duas outras pessoas continuaram a tentativa de desmonte da fonte e produziram minúsculos fragmentos, oferecidos a várias pessoas como *Isouvenirs*.

No dia 28 de setembro, a esposa do dono do ferro-velho atribuiu à exposição àquele objeto cintilante as manifestações prodromicas do Síndrome Agudo da Radiação - SAR - que alguns apresentavam. O objeto foi levado de ônibus por ela e um dos empregados de seu marido à Divisão de Vigilância Sanitária de Goiânia, onde suspeitando tratar-se de um gás tóxico, acionou-se o Corpo de Bombeiros. Finalmente, alertados por um médico que pacientes com queimaduras na pele tinham entrado em uma Clínica radiológica, um físico identificou com detectores de radiação a natureza do objeto.

Vale ressaltar que os pacientes, com radiolesões e com SAR não foram assim diagnosticados nos diversos serviços de saúde que procuraram, sendo os diagnósticos tão diversos quanto *pênfigo* e *virose*.

Os pacientes de Goiânia foram tratados, em nível hospitalar, no Hospital Geral de Goiânia, em uma ala especialmente preparada para tal, e no Rio de Janeiro no Hospital Naval Marcílio Dias. Apresentaram associações de ICINH (subaguda), IL, CRI e CRE.

Goiânia foi o mais grave AR no mundo ocidental, com imponentíssimos impactos médico, social, psicológico, econômico e financeiro. Casa foram demolidas, um repositório foi construído para abrigar 4.000 a 5.000 m<sup>3</sup> de rejeitos radioativos, houve discriminação com os produtos e pessoas de Goiás, quatro pessoas acidentadas faleceram e outras, até hoje, padecem de *recrudescências* de radiolesões que exigiram, por vezes, amputações. Uma fundação foi criada em Goiânia para o acompanhamento médico-social das vítimas. O quadro abaixo resume o impacto imediato do acidente.

Triagem da População - 30/09 a 21/12/87

no de pessoas	112.800
cri/cre	129
contaminação da roupa/sapatos	120
hospitalizações	20
depressão de medula óssea	17
SAR pleno	8
óbitos	4

#### • EL SALVADOR

*Acidente* ocorrido em 05.02.89 *numa instalação industrial para esterilização de produtos médicos com <sup>60</sup>Co*, em El Salvador, capital de São Salvador, América Central.

O acidente aconteceu quando o trilho da fonte ficou preso na posição de irradiação. O operador *bypassou* o já degradado sistema de segurança e entrou no compartimento de irradiação com dois outros indivíduos para liberar a fonte manualmente.

Os três trabalhadores foram expostos a altas doses de radiação e desenvolveram o SAR. Inicialmente tratados em El Salvador, foram posteriormente transferidos para a Cidade do México, evoluindo satisfatoriamente em relação à depressão medular. No entanto, as pernas e os pés de dois deles tiveram que ser amputados face a radiolesões bastante severas. O trabalhador mais severamente irradiado faleceu seis meses e meio após por "pneumonite actínica" e por hemotórax decorrente da tentativa de punção da veia subclávia.

#### • SOREQ

Acidente em 21.06.90 em Soreq, Israel, em instalação com a mesma finalidade da do acidente de El Salvador. Aqui também a fonte de <sup>60</sup>Co ficou presa na posição de irradiação e o operador também violou os dispositivos de segurança e entrou no compartimento de irradiação. Após um minuto aproximadamente, o operador sentiu uma sensação de ardência nos olhos e de peso na cabeça. Seguiram-se logo após náuseas e vômitos, tendo evoluindo com o SAR hematológico e gastrointestinal, bem como com lesões localizadas.

A dose total de corpo inteiro estimada foi entre 10 e 20 Gy. O óbito, apesar da excelência do tratamento, ocorreu após 36 dias.

#### CAMAÇARI

Em setembro de 1995, um técnico - IAI - iniciou trabalhos de manutenção em um

*difratômetro de raios X*, sem uso há vários meses e com a finalidade de avaliar o grau de pureza de pastilhas de dióxido de titânio, empregado na indústria para realçar cores e pigmentos.

O equipamento era de baixa quilovoltagem e amperagem (30 mA e 60 kV), sendo considerado *lsem* risco pelos operadores que, há anos bloqueavam seus *linterlockers* durante os trabalhos de manutenção (os *linterlockers* impediam o disparo de FX se o painel de blindagem estivesse abaixado). Mesmo com essa violação nunca qualquer trabalhador apresentou aparente problema decorrente de possível exposição à radiação ionizante.

Três dias após o início da manutenção, IAI desenvolveu eritema no dorso das mãos, evoluindo para bolhas e ulceração rasa em pequena área da mão esquerda. Um aprendiz que acompanhava IAI, evoluiu com lesão bolhosa, com posterior ulceração puntiforme no dedo indicador da mão direita.

Após consultas com vários médicos, em Salvador, suspeitou-se que a origem das lesões pudessem se relacionar à exposição à radiação. Um médico do LCR e um físico da CNEN/IRD avaliaram a situação *in loco*. O médico, face às características das lesões e à história ocupacional, firmou o diagnóstico de radiolesões. Os trabalhos de reprodução de doses, com filmes radiológicos em diversos pontos do difratômetro, não foram capazes de identificar qualquer dose que pudesse causar as manifestações. O aparelho foi lacrado e os pacientes encaminhados a um cirurgião plástico em Salvador.

Em novembro os pacientes apresentavam boa evolução das lesões e foi tentada nova reconstituição dosimétrica. Nessa ocasião, outro empregado da empresa promoveu previamente à reconstituição um ajuste no difratômetro. Horas após referiu ardência nas mãos, com evolução nos dias subsequentes para flictenas. O aparelho foi desenergizado, desmontado e inspecionado. Verificou-se então que, pela corrosão, a janela posterior do obturador - eram quatro: um anterior, um posterior, um superior e um inferior - havia caído, deixando-o sempre aberto e irradiando.

A causa imediata do acidente foi a má manutenção, porém causas accessórias relevantes foram a falta de treinamento e de informação sobre os efeitos biológicos das radiações.

Felizmente, em virtude da baixa energia do FX em questão, não houve lesão das camadas profundas do tegumento e os

acidentados evoluíram satisfatoriamente, havendo apenas como sequelas pequena retração da polpa do indicador direito em um deles e áreas definitivas de hipopigmentação em IAI.

#### **ANEXO 10.1**

##### **FICHA DE NOTIFICAÇÃO DE ACIDENTE RADIOLÓGICO**

Destina-se ao registro de informações passadas ao centro médico de referência ou hospital local designado sobre a ocorrência de acidente radiológico.

#### **ANEXO 10.2**

##### **FICHA DE ATENDIMENTO MÉDICO AO RADIOACIDENTADO**

Destina-se ao registro do atendimento inicial a radioacidentado, prestado no centro médico de referência ou hospital local designado.

#### **ANEXO 10.3**

##### **FICHA DE EVOLUÇÃO DE RADIOACIDENTADO**

Destina-se ao registro da evolução de radioacidentados atendidos no centro de referência ou hospital local designado.

#### **ANEXO 10.4**

##### **FICHA DE REGISTRO DE CONTAMINAÇÃO EXTERNA**

Destina-se ao registro e localização de contaminações externas, com as respectivas taxas de dose, bem como ao registro da evolução das taxas de dose sequenciais aos procedimentos de descontaminação.

#### **ANEXO 10.5**

##### **RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E MEDICAMENTOS**

Material mínimo indispensável à assistência a radioacidentados, nos diferentes níveis hierarquizados de atendimento, em caso de contaminação externa ou interna.

##### **DESCONTAMINAÇÃO EXTERNA E INTERNA**

- aventais cirúrgicos;
- aventais de plástico;
- gorros de plástico;
- luvas de borracha;
- luvas cirúrgicas estéreis;
- lençóis de plástico;
- botas de plástico (cobertura de sapatos);
- campos cirúrgicos;
- compressas cirúrgicas;
- material de tricotomia;
- recipientes forrados com plástico para roupas contaminadas;
- baldes forrados com plástico;
- etiquetas para identificação de amostras;
- recipientes para amostras de fezes e urina (bioanálise);
- seringas heparinizadas (vacutainer) para coleta de sangue (análise citogenética) e recipientes para a guarda de amostras sanguíneas;
- dosímetros de uso pessoal (TLD, canetas e filmes dosimétricos);
- detetores beta-gama portáteis (de baixo alcance - até 25 mR/h e de alto alcance - até 500 mR/h);
- detetores alfa portáteis;
- contador de corpo inteiro (apenas nos Níveis 2 e 3);
- papel-toalha;
- papel absorvente;
- rolos de fita gomada;
- material administrativo (formulários, etc.);
- sabão neutro;
- descontaminantes específicos (solução de DTPA a 1%, solução aquosa de HCl,  $\text{KMnO}_4$  a 4%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 0,2N,  $\text{NaHSO}_3$  a 5%,  $\text{NaCl}$  a 0,9%, pasta de dióxido de titânio);
- escova de pêlos macios;
- esponjas - cotonetes;
- "swabs";
- algodão hidrófobo;
- material para lavagem intestinal;
- sondas naso-gástricas.

##### **SUPORTE MÉDICO CONVENCIONAL**

- anestésico local (lidocaína a 2%);
- bandejas de sutura;
- bandejas de dissecação venosa (Níveis 2 e 3);
- Ambú;
- laringoscópios e tubos endotraqueais;
- respirador volumétrico (Níveis 2 e 3);
- desfibrilador;
- aspirador;
- seringas e agulhas de diferentes tamanhos e calibres;
- cateteres venosos para subclávia e jugular (Níveis 2 e 3);

- rolos de esparadrapo, gaze e ataduras;
- antissépticos tópicos;
- adrenalina, bicarbonato de sódio, dopamina e outros medicamentos utilizados em ressuscitação cardiovascular;
- soro glicosado;
- soro fisiológico;
- ringer lactato;
- expansores plasmáticos;
- outros equipamentos, materiais e medicamentos poderão ser requisitados, nos Níveis 2 e 3, aos diversos setores hospitalares conforme as necessidades.

### MEDICAMENTOS ESPECÍFICOS

Previsão de acordo com as características da instalação radioativa a ser atendida e possibilidade de contaminação com diferentes radionuclídeos.

- Ca-DTPA (Ditripentat<sup>®</sup>, injetável e aerossol);
- Iodeto de potássio (Thyro-Block<sup>®</sup>, comprimidos de 130 mg);
- Azul da Prússia (Radiogardase<sup>®</sup>);
- Hidróxido de alumínio (gel);
- Bicarbonato de sódio;
- Sulfato de magnésio;
- Outros, de acordo com o explicitado acima.

### 11. BIBLIOGRAFIA

1. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Certificação da qualificação de supervisores de radioproteção. Resolução CNEN 09/88, 19.07.88.
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Diretrizes básicas de radioproteção. Resolução CNEN-NE-3.01, julho de 1988.
3. Young, R.W. Acute radiation syndrome. Em: Conklin, J.J.; Walker, R.I., eds. Military radiobiology. Orlando: Academic Press, Inc.; 1987, pp 165-190.
4. Anno, G.H.; Baum, S.J.; Rodney Withers, H.; et al. Symptomatology of acute radiation effects in humans after exposure to doses of 0,5-30 Gy. Health Physics 56:821-838, 1989.
5. Valverde, N.J.L.; Cordeiro, J.M.; Oliveira, A.R.; et al. The acute radiation syndrome in the <sup>137</sup>Cs brazilian accident, 1987. Em: Ricks, R.C.; Fry, S.A., eds. The medical basis for radiation accident preparedness II: Clinical experience and follow-up since 1979. New York: Elsevier North Holland, Inc.; 1990, pp 89-107.
6. International Atomic Energy Agency (IAEA). Biologic dosimetry: Chromosomal aberration analysis for dose assessment. Technical Report Series N° 260, IAEA, Vienna, 1986.
7. Prosser, J.S.; Moquet, J.E.; Lloyd, D.C.; et al. Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes. Mutation Research 199:37-45, 1988.
8. Straume, T.; Langlois, R.G.; Lucas, R.G.; et al. Novel biodosimetry methods applied to victims of the Goiânia accident. Health Physics 60(1):71-76, 1991.
9. Andrews, G.A. Medical management of accidental total body exposure. Em: Hübner, K.F.; Fry, S.A., eds. The medical basis for radiation accident preparedness. New York: Elsevier North Holland, Inc.; 1980, pp 297-310.
10. Wald, N. Hematological parameters after acute radiation injury. Em: Manual on radiation haematology. Technical Report Series No. 171, IAEA, Vienna, 1971.
11. Browne, D.; Weiss, J.F.; MacVittie, T.J.; Pillai, M.V., eds. Consensus summary

- statement of the treatment of radiation injuries. Em: Treatment of radiation injuries. New York: Plenum Press; 1990, pp 219-229.
12. Schimpff, S.C. Infections in radiation accidents. Em: Browne, D.; Weiss, J.F.; MacVittie, T.J.; Pillai, M.V., eds. Treatment of radiation injuries. New York: Plenum Press; 1990, pp 75-85.
  13. Giamarellou, H.; Empiric therapy for infections in the febrile, neutropenic, compromised host. Medical Clinics of North America. 79(3):559-580, 1995.
  14. Gold, J.W.M. Opportunistic fungal infections in patients with neoplastic disease. Am. J. Med. 76:458-463, 1984.
  15. Wong, K.K.; Hirsch, M.S. Herpes virus infections in patients with neoplastic disease. Diagnosis and therapy. Am. J. Med. 76: 464-478, 1984
  16. Metcalf, D. Haemopoietic growth factors 1. Lancet :825- 827, 1989.
  17. Metcalf, D. Haemopoietic growth factors 2. Lancet : 885- 887, 1989.
  18. Metcalf, D. Control of granulocytes and macrophages: Molecular, cellular and clinical aspects. Science 254:529-533, 1991.
  19. Rubin, M.; Hathorn, J.W.; Pizzo, P.A. Controversies in the management of febrile neutropenic cancer patients. Cancer Invest. 6(2):167-184, 1988.
  20. Oliveira, A.R. Treatment of infectious complications of the hematopoietic syndrome. Em: Browne, D.; Weiss, J.F.; MacVittie, T.J.; Pillai, M.V., eds. Treatment of radiation injuries, New York: Plenum Press, 1990, pp 95-100.
  21. Wong, B. Parasitic diseases in immunocompromised hosts. Am. J. Med. 76:479-486, 1984.
  22. Butturini, A.; DeSouza, P.C.; Gale, R.P.; et al. Use of recombinant granulocyte-macrophage colony-stimulating factor in the Brazil radiation accident. Lancet 8609 (2):471-475, 1988.
  23. Brandão-Mello, C.E.; Oliveira, A.R.; Valverde, N.J.L.; et al. Clinical and hematological aspects of <sup>137</sup>Cs: The Goiânia radiation accident. Health Physics 60(1):31-39, 1991.
  24. Peters, W.P. Potential role for human colony-stimulating factors in the treatment of radiation injuries. Em: Browne, D.; Weiss, J.F.; MacVittie, T.J.; Pillai, M.V., eds. Treatment of radiation injuries. New York: Plenum Press, 1990, pp 211-218.
  25. Gongora, R.; Jammet, H. Irradiations aiguës localisées. Radioprotection 19:143-154, 1983.
  26. Oliveira, A.R.; Valverde, N.J.L.; Brandão-Mello, C.E.; et al. Skin lesions associated with the Goiânia accident. Em: Ricks, R.C.; Fry, S.A., eds. The medical basis for radiation accident preparedness II: Clinical experience and follow-up since 1979. New York: Elsevier North Holland, Inc., 1990, pp 173-181.
  27. Oliveira, A.R.; Brandão-Mello, C.E.; Farina, R.; et al. Localized lesions induced by <sup>137</sup>Cs during the Goiânia accident. Health Physics 60(1):25-29, 1991.
  28. Saenger, E.L.; Kereiakes, J.G.; Wald, N.; et al. Clinical course and dosimetry of acute hand injuries to industrial radiographers from multicurie sealed sources. Em: Hübner, K.F.; Fry, S.A., eds. The medical basis for radiation accident preparedness. New York: Elsevier North Holland, Inc.; 1980, pp 169-178.
  29. Gongora, R.; Strambi, E.; Perderau, B.; et al. Thermographie et irradiation partielle aigue. Archivio di Science del Lavoro Vol. V, No. 1, 1989.
  30. Jammet, H.; Gongora, R.; Jockey, P.; et al. The 1978 Algerian accident: Acute local exposure of two children. Em: Hübner, K.F.; Fry, S.A., eds. The medical basis for radiation accident preparedness. New York: Elsevier North Holland, Inc.; 1980, pp 229-245.
  31. Pennarola, R.; Gongora, R. Relievi di cappilaroscopia in sogetti vittime de irradiazioni accidentalli. Rivista de Medicina del Lavoro. Anno VII, No. 4; Ottobre-Dicembre 1983.
  32. Brownell, G.L.; Budinger, T.F.; Lauterbur, P.C.; et al. Positron tomography and nuclear magnetic resonance imaging. Science 215:611-626, 1982.
  33. Giambarresi, L.; Jacobs, A.J. Radioprotectants. Em: Conklin, J.J.; Walker, R.I., eds. Military radiobiology. Orlando: Academic Press, Inc.; 1987, pp 265-301.

34. Schenk, R.R.; Gilberti, M.V. Four extremity radiation necrosis. *Arch. Surg.* 100:729-734, 1974.
35. Bowers, G.J. The combined injury syndrome. Em: Conklin, J.J.; Walker, R.I., eds. *Military radiobiology*. Orlando: Academic Press, Inc.; 1987, pp 191-217.
36. Walker, R.I.; Conklin J.J. Mechanisms and management of infectious complications of combined injury. Em: Conklin, J.J.; Walker, R.I., eds. *Military radiobiology*. Orlando: Academic Press, Inc.; 1987, pp 219-230.
37. National Council on Radiation Protection and Measurements(NCRP). Management of persons accidentally contaminated with radionuclides. NCRP Report N° 65, 1980.
38. Lincoln, T.A. Importance of initial management of persons internally contaminated with radionuclides. *Am. Ind. Hyg. J.* :16- 20, 1976.
39. Valverde, N.J.L. Management of persons internally contaminated with radionuclides. *Prehospital and disaster medicine* 5(4): 363-370, 1990.
40. International Atomic Energy Agency (IAEA). Manual on early medical treatment of possible radiation injury. Safety Series No. 47, 1978.
41. International Atomic Energy Agency (IAEA). Treatment of incorporated transuranic elements. Technical Report Series N° 184, 1978.
42. Durakovic, A. Internal contamination with medically significant radionuclides. Em: Conklin, J.J.; Walker, R.I., eds. *Military radiobiology*. Orlando: Academic Press, Inc.; 1987, pp 241-264.
43. Farina, R.; Brandão-Mello, C.E.; Oliveira, A.R. Medical aspects of <sup>137</sup>Cs decorporation: The Goiânia radiological accident. *Health Physics* 60(1):63-66, 1991.
44. Irradiation par l'iode radioactif. EDF - Comité de Radioprotection (7): Février 1992.
45. Potassium iodide as a thyroid-blocking agent in a radiation emergency: recommendations on use. Bureau of Radiological Health and Bureau of Drugs, Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services. April 1982.
46. Furnas Centrais Elétricas S.A. Curso Básico de Higiene e Medicina das Radiações, 1985 (não publicado).
47. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Licenciamento de instalações radioativas. NE. 6.02, outubro de 1984.
48. American Nuclear Society (ANS). Facilities and medical care for on-site nuclear power plant radiological emergencies. ANSI/ANS-3.7.1, abril 1979.
49. International Atomic Energy Agency (IAEA). Medical handling of accidentally exposed individuals. Safety Series N° 88, IAEA, Vienna, 1988.
50. International Atomic Energy Agency (IAEA). What the general practitioner (MD) should know about medical handling of overexposed individuals. IAEA TECDOC - 306, Vienna, 1986.
51. Voelz, G.L. A collection of helpful items for medical evaluation of ionizing radiation exposure cases. Oak Ridge Associated Universities, June 1980.
52. Love, R.A. Planning for radiation accidents. Hospitals. *Journal of American Hospital Association*, vol 38, 1964.
53. Leonard, R.B.; Ricks, R.C. Emergency department radiation accident protocol. *Ann. Emerg. Med.* 9:462-470, September 1980.
54. Hempelmann, L.H. et ali. What happened to the survivors of the early Los alamos nuclear accidents? Em: Hübner, K.F.; Fry, S.A., eds. *The medical basis for radiation accident preparedness*. New York: Elsevier North Holland, Inc.; 1980, pp 18-32.
55. Kumatori, T. et ali. Follow-up studies over a 25-year period on the japanese fishermen exposed to radioactive fallout in 1954. Em: Hübner, K.F.; Fry, S.A., eds. *The medical basis for radiation accident preparedness*. New York: Elsevier North Holland, Inc.; 1980, pp 33-54.
56. Conard, R.A. et ali. Review of medical findings in a marshalllese population twenty-six years after accidental exposure to radioactive fallout. New York: Brookhaven National Laboratory Associated Universities, Inc; 1980.

57. Gimenez, J.C.; Nowotny, G. Seguimiento de un caso de irradiación humana accidental. Vienna: International atomic Energy Agency. 1976, 279-295.

58. Reseña del accidente ocurrido en el conjunto crítico RA-2 el día 23 de septiembre de 1983. Comunicação escrita aos Drs. Carlos Bergallo e Alexandre R. de Oliveira, pelo Eng. Jorge J. Skvarca, do Ministerio de Salud Publica y Medio Ambiente, Republica Argentina, 10.11.83.

59. Treviña, R.A. <sup>60</sup>Co accident in Cd. Juárez, Mexico. Seminário IOccupational Health in the Nuclear IndustryI. Atlanta, EUA, 20-22.08.86.

60. It should'nt have happened, but ...Juarez: an unprecedent radiation accident. The Health Physics Society's Newsletter. 12(5) 2-4; May 1984.

61. Valverde, N.J. Relatório sobre a conferência IHealth consequences of the chernobyl and other radiological accidentsI. Genebra, 20-23.11.96 (não publicado).

62. International Atomic Energy Agency (IAEA). The radiological accident in San Salvador. IAEA, Vienna, 1990.

63. International Atomic Energy Agency (IAEA). The radiological accident in Soreq. IAEA, Vienna, 1993.