

INTERFERÊNCIA DO ^{40}K NA MONITORAÇÃO IN-VIVO DE ^{131}I NA TIREÓIDE

Luzia Venturini, Eduardo A. R. Berti, Vicente P. Campos, Letícia L. C. Rodrigues

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Caixa Postal 11049
05422-970 São Paulo Brasil
E-mail: lventur@net.ipen.br

RESUMO

Neste trabalho investigou-se como o limite de detecção para monitoração in-vivo de ^{131}I é afetado pelo conteúdo de ^{40}K do corpo humano. Foram analisados os espectros gama de 32 pessoas não contaminadas. Foram calculados os limites de detecção para cada caso e o valor médio foi comparado com o limite de detecção calculado para a blindagem. O detector utilizado foi um cintilador NaI(Tl), de 3"x3", blindado por 3,2 cm de chumbo e 0,7 cm de alumínio. Os resultados mostram que a interferência do ^{40}K é significativa na determinação da atividade de ^{131}I mas pode ser desprezada, nas monitorações ocupacionais rotineiras, quando o nível de registro (Bq), for bem maior do que a atividade medida.

Palavras-chave: ^{131}I , ^{40}K , monitoração in-vivo, tireóide.

I. INTRODUÇÃO

A monitoração in-vivo de radionuclídeos é muito utilizada na monitoração operacional de trabalhadores de instalações nucleares. Sua principal vantagem é fornecer uma medida direta dos radionuclídeos depositados internamente no corpo humano. Sua principal desvantagem é o limite de detecção que pode ser atingido, comparado a métodos como a análise in-vitro.

Neste tipo de medida, a pessoa é colocada em uma sala blindada e a medida é realizada em órgãos específicos ou corpo inteiro. O tipo de medida, assim como o sistema de medidas a ser utilizado, dependem dos radionuclídeos a serem monitorados, da via de incorporação e da cinética do radionuclídeo no corpo humano.

Toda pessoa submetida a uma análise in-vivo apresentará resultados positivos por causa dos radionuclídeos naturais presentes no corpo humano. Em média, o corpo humano contém 40 Bq de ^{214}Pb e ^{214}Bi e 3700 Bq de ^{40}K [1]. Na monitoração in-vivo de ^{131}I na tireóide é comum usar-se cintiladores NaI(Tl) por causa de sua alta eficiência na determinação de radionuclídeos emissores de radiação gama acima de 200 keV. Normalmente utiliza-se a transição gama de 364 keV do ^{131}I . No espectro gama medido com cintiladores, o fotopico correspondente a 364 keV recebe a

contribuição da transição gama de 352 keV do ^{214}Pb , pois estes detectores não possuem resolução em energia suficiente para separar as duas linhas. Geralmente a atividade incorporada de ^{131}I é determinada por meio da subtração do espectro da radiação de fundo, da sala de medidas e do espectro de monitoração. Esta aproximação é feita pela impossibilidade de se manter atualizado o espectro da própria pessoa, anterior ao manuseio do material radioativo. Entretanto, a contribuição da distribuição de Compton, gerada pela transição gama de 1461 keV do ^{40}K contribui mais para o espectro de monitoração do que para o espectro de radiação de fundo da sala de medidas.

Neste trabalho foram analisados 32 espectros gama, obtidos pela monitoração da tireóide de trabalhadores não contaminados. O valor médio dos limites de detecção, determinados em cada caso, foi comparado com o limite de detecção calculado para uma medida longa da radiação de fundo da blindagem, para verificar o erro cometido nesta aproximação.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de medidas utilizado consiste de um cintilador NaI(Tl), 3"x3", blindado com 3,2 cm de Pb e 0,7 cm de alumínio, associado a um sistema eletrônico

convencional. A câmara de medidas do Laboratório de Monitoração In-Vivo (LMIV) do Ipen-Cnen/SP consiste em uma blindagem de aço, de 13 cm de espessura, montada sobre um piso de concreto e revestida por uma placa de 0,5 cm de chumbo e outra de 0,5 cm de aço inox. A pessoa é medida na geometria “tipo cadeira” e o detector é posicionado a 15 cm da sua tireóide. O tempo de medida utilizado é de 5 minutos e corresponde ao tempo de medida utilizado pelo LMIV nas monitorações operacionais rotineiras dos servidores da área de produção de ^{131}I . Os espectros gama foram medidos no intervalo de energia de 50 keV a 3500 keV. A calibração em eficiência do detector foi realizada utilizando-se um simulador de tireóide da Amersham/Searle, contendo ^{133}Ba e ^{137}Cs . A análise de espectro foi realizada com o programa Analysis [2]. As calibrações dos espectros, em energia e largura à meia altura, foram realizadas utilizando-se fontes de ^{241}Am , ^{137}Cs e ^{60}Co . A 364 keV a resolução do sistema é de 41 keV e a 1461 keV a resolução é de 133 keV.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada espectro medido determinou-se o número de contagens nas regiões correspondentes ao fotopico do ^{131}I (364 keV) e do ^{40}K (1461 keV). Estas regiões correspondem aos canais entre a posição do centróide do fotopico mais uma largura e a posição do centróide menos uma largura. Em cada caso determinou-se o limite de detecção (LD), para a determinação de ^{131}I , de acordo com Strom [3]:

$$LD = \frac{3,0 + 4,65 * \sqrt{I}}{F * tm} \quad (1)$$

onde F é a eficiência do sistema de medidas (cps/Bq), t_m é o tempo de monitoração (s) e I é o número de contagens na região do fotopico do ^{131}I .

A Tabela 1 mostra os valores de I, K, e de LD para cada espectro medido. Nesta tabela, K é o número de contagens na região do fotopico do ^{40}K . As incertezas de I e de K são apresentadas entre parênteses. A variação de I mostra a flutuação estatística da radiação de fundo da sala e da região do corpo que está sendo medida. A variação de K indica a variação do conteúdo de ^{40}K . Os valores de LD variam de 69,3 Bq a 88,0 Bq, com média 78,2 Bq e desvio padrão $\sigma = 0,8$ Bq.

A radiação de fundo da blindagem foi medida durante 45 minutos, mantendo o detector na mesma posição em que as monitorações foram realizadas. Neste caso I = 1078 contagens e K = 1365 contagens. Para um tempo de medida de radiação de fundo maior que o tempo de monitoração, o limite de detecção é dado por [3]:

$$LD = \frac{3,0 + 3,29 * \sqrt{\frac{I}{tr} * tm * \left(1 + \frac{tm}{tr}\right)}}{F * tm} \quad (2)$$

onde t_r é o tempo de contagem da radiação de fundo.

Usando $t_r = 300$ s, $t_m = 2700$ s, temos $LD = 56$ Bq. O limite de detecção, calculado para o espectro de radiação de fundo da blindagem, é 40% inferior ao valor médio dos limites de detecção calculados para os espectros de pessoas não contaminadas. Portanto, na determinação da atividade de ^{131}I presente na tireóide, o procedimento correto é levar em consideração o espectro de radiação de fundo da própria pessoa, anterior ao manuseio do material radioativo. A alternativa é usar espectros de pessoas não contaminadas (por exemplo, trabalhadores de áreas que não manuseiem este radionuclídeo) e reportar o LD correspondente.

TABELA 1. Valores experimentais de I, K e LD.

Amostra	I (contagens)	K (contagens)	LD (Bq)
1	136 (12)	174 (13)	78,3
2	143 (12)	163 (13)	80,2
3	153 (12)	164 (13)	82,8
4	133 (12)	170 (13)	77,5
5	127 (11)	172 (13)	75,8
6	133 (12)	166 (13)	77,5
7	157 (13)	168 (13)	83,8
8	141 (12)	172 (13)	79,7
9	116 (11)	170 (13)	72,6
10	123 (11)	170 (13)	74,7
11	105 (10)	172 (13)	69,3
12	136 (12)	164 (13)	78,3
13	123 (11)	176 (13)	74,7
14	131 (11)	164 (13)	76,9
15	158 (13)	153 (12)	84,1
16	137 (12)	179 (13)	78,6
17	138 (12)	210 (14)	78,9
18	111 (11)	180 (13)	71,1
19	112 (11)	171 (13)	71,4
20	132 (11)	194 (14)	77,2
21	161 (13)	174 (13)	84,8
22	122 (11)	164 (13)	74,4
23	169 (13)	173 (13)	86,8
24	143 (12)	167 (13)	80,2
25	136 (12)	141 (12)	78,3
26	136 (12)	172 (13)	78,3
27	133 (12)	170 (13)	77,5
28	127 (11)	158 (13)	75,8
29	174 (13)	171 (13)	88,0
30	137 (12)	180 (13)	78,6
31	124 (11)	172 (13)	75,0
32	152 (12)	185 (14)	82,6

Por outro lado, nas monitorações ocupacionais rotineiras, quando a atividade incorporada é menor do que o Nível de Registro [4], no histórico de dose do trabalhador registra-se a dose correspondente ao mesmo. O Nível de Registro (NR) é definido como:

$$NR = \frac{1}{10} * \frac{LIA}{N} \quad (3)$$

onde LIA é o limite de incorporação anual (Bq) e N é o número de monitorações anuais. Para o ^{131}I , por inalação, $LIA = 2 \times 10^6$ Bq [4]. Nas monitorações ocupacionais rotineiras do IPEN, $N = 24$ e $NR = 8,3 \times 10^3$ Bq. O valor da atividade medida na tireóide deve ser corrigido, via modelos de retenção, para se obter o valor da atividade incorporada. O fator de correção depende da data da medida e da data de incorporação. No caso de monitorações quinzenais, quando a ingestão ocorre a 14 dias da medida, o fator de correção é 0,052 [5] e portanto o nível de referência para a medida da atividade é $NA = 8,3 \times 10^3 * 0,052 = 431$ Bq. Este valor corresponde ao valor máximo do limite de detecção que o sistema de medidas pode atingir para ser útil na monitoração. Como os limites de detecção calculados são pelo menos 5 vezes menores do que NA, a utilização do espectro de radiação de fundo da blindagem pode ser considerada uma boa aproximação.

Deste modo, a interferência do ^{40}K é significativa na determinação da atividade de ^{131}I mas pode ser desprezada nas monitorações ocupacionais rotineiras quando o nível de registro, dado em unidades de atividade, for bem maior que a atividade medida.

O procedimento de rotina do LMIV é reportar $LD = 78$ Bq e calcular a atividade quando o LD determinado para o espectro de monitoração for superior a este valor. Neste caso, o valor da radiação de fundo a ser subtraído é 134 ± 2 , que correspondente à média dos valores de I da Tabela 1, ponderada pelas variâncias. Estes valores são periodicamente atualizados. O espectro da blindagem é medido durante 300 s e utilizado para detectar eventuais alterações significativas, tais como a transferência de contaminação externa do trabalhador, não eliminadas pelos procedimentos de descontaminação do Laboratório e anteriores à medida (banho completo, troca de vestuário, etc.).

A interferência do ^{214}Pb não foi discutida mas ela se reflete na flutuação dos valores de I.

AGRADECIMENTOS

Trabalho parcialmente financiado pela FAPESP e CNPq.

REFERÊNCIAS

- [1] Eisenbud, M., **Environmental Radioactivity**, Academic Press, N. Y., 1987.
- [2] Venturini, L. and Vandenput, G. C., **Analysis, a software for gamma-ray spectrometry**, Não publicado, 1995.

[3] Strom, D. J. and Stansbury, P. S., **Minimum detectable activity when background is counted longer than the sample**, Health Physics, vol. 64, p 360-361, 1992.

[4] International Commission on Radiological Protection, **Individual monitoring for intakes of radionuclides by workers: design and interpretation**, ICRP 54, NY, 1987.

[5] Nuclear Regulatory Commission, **Interpretation of bioassay measurements**, NUREG/CR-4884, Washington D. C., 1987.

ABSTRACT

This paper investigates how the detection limit for ^{131}I in-vivo monitoring is affected by the ^{40}K body content. Gamma spectral data of 32 non-contaminated subjects were analyzed. The detection limit is determined for each case and the mean value is compared to the detection limit calculated for the shielded room. The detector used was a 3"x3" NaI(Tl) shielded with 3.2 cm lead and 0.7 cm aluminium. The results show that the interference of ^{40}K is very important in the determination of the activity of ^{131}I but it can be disregarded, in the occupational routine measurements, if the the record level (Bq) is several times greater than the measured activity.