

Monitoração individual em geometrias complexas de exposição a fótons

Cunha, P.G* e Drexler, G.

Laboratório de Ciências Radiológicas / UERJ

Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, Rua São Francisco Xavier, 524 ; 20550-013 - Rio de Janeiro

Resumo - A razão (dose efetiva, E / Dose equivalente pessoal, Hp(10)) foi calculada para diversos cenários de exposição a campos paralelos de fótons. São apontadas algumas situações onde o número de monitores e a localização do mesmo sobre o corpo do trabalhador devem ser objeto de análise para que a dose efetiva não seja subestimada.

Abstract - The ratio (Effective Dose, E) / (Personal Dose Equivalent, Hp(10)) was calculated for some scenarios set in broad parallel photon beams. Worker's irradiation condition are shown in which the number and locations of the individual monitor have to be carefully determined in order to avoid that the value of effective dose is underestimated.

Introdução

A grandeza recomendada pela ICRP¹ e ICRU² para a limitação (efeito estocástico) da exposição à radiação ionizante é a dose efetiva, E. Para medidas da exposição do ser humano a fontes de radiação externas ao seu corpo, é aceita a convenção de que as grandezas operacionais do ICRU³ devem ser utilizadas para estabelecer a ponte entre as grandezas de limitação e os campos de radiação. Em um grande número de situações, a dose efetiva recebida por um trabalhador é estimada por medidas de monitoração individual com base na seguinte regra: quando a exposição ocorre de modo relativamente uniforme, a medida pode ser realizada por um único monitor, afixado na superfície do corpo em local de maior incidência da radiação. Contudo, o conceito de "relativamente uniforme" carece de precisão. Assim, as relações numéricas entre os dados da monitoração individual e E precisam ser bem entendidas, de modo que os métodos de monitoração sejam adequadamente estabelecidos e os dados interpretados corretamente.

Neste trabalho, a razão $E/H_p(10)$ foi calculada para várias situações.

Metodologia

Devido as dificuldades experimentais de obter a razão $E/H_p(10)$, optou-se por tratar a questão teoricamente. A dose efetiva foi calculada a partir dos coeficientes de conversão da ICRU². Devido a forte dependência de $H_{p,slab}(10,\alpha)$ com o angulo de incidência para fótons com o valor de α próximo a 90° , optou-se por utilizar $H'(10,\alpha)$ ⁵ para estimar $H_p(10)$.

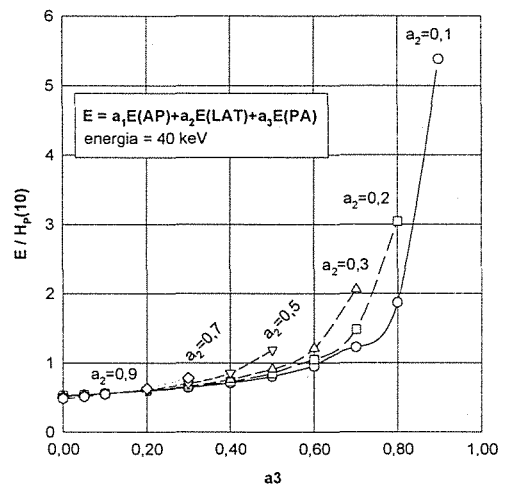


Figura 1: A razão $E/H_p(10)$ para fótons de 40 keV.

Com o objetivo de estimar a magnitude dos erros envolvidos na estimativa de E, devido a geometria de exposição do trabalhador versus posicionamento do seu monitor, foi elaborado um modelo de exposição. É postulado que qualquer padrão de exposição do trabalhador pode ser descrito por uma combinação linear de três geometrias básicas de irradiação⁴: AP, LAT e PA. Para simplificar o cenário foi suposto que o trabalhador exerce atividades longe da fonte de radiação (campo aproximadamente expandido e alinhado) e que é possível quantificar a sua movimentação (os tempos relativos em cada posição em relação a direção do campo de radiação). A dose efetiva resultante de uma dada exposição e o resultado do monitor individual são descritos, respectivamente, como:

$$E = a_1E(AP) + a_2E(LAT) + a_3E(PA) \quad \text{e}$$
$$Hp(10) = a_1H(10,0) + a_2H(10,90) + a_3H(10,180)$$

Hp(10) foi definido de modo a simular um monitor posicionado na parte frontal do tórax. Adicionalmente: $a_1 + a_2 + a_3 = 1$. Foi realizado em

estudo paramétrico da razão E/Hp(10) para as energias de 20 keV, 40 keV, 100 keV e 1000 keV.

Resultados

Para fótons de 20 keV, a razão E/Hp(10) é definida unicamente pelos parâmetros a_1 e a_2 visto que o coeficiente de conversão para H'(10,180) é muito pequeno, podendo ser considerado zero. Na figura 1 pode ser observado que quando o trabalhador é exposto a fótons de 40 keV e permanece por um período superior a 50% (aproximadamente) do tempo ($a_3 > 0,5$) com as costas voltadas para a fonte de radiação, a dose efetiva será subestimada. Para fótons de 1000 keV, o processo é totalmente determinado pelo parâmetro a_3 . Na tabela 1 é apresentada uma síntese dos resultados, em função da energia dos fótons.

Tabela 1: A razão E/Hp(10) em função da geometria de irradiação e energia dos fótons.

Energia keV	E/Hp(10)		
	$a_3=1$	$a_3=0,9$ e $a_2=0,1$	$a_1=1$
20	-	5	0,20
40	19	5,5	0,53
100	15	7	0,85
1000	2,5	2	0,86

Na tabela 2 são apresentados os parâmetros a_i referentes as situações nas quais a dose efetiva é sempre superestimada ($E/Hp(10) < 1$).

Tabela 2: A razão E/Hp(10) em função da geometria de irradiação e energia dos fótons.

Energia keV	E/Hp < 1
	Qualquer caso onde:
20	$a_2 < 0,50$ e $a_3 < 1$
40	$a_3 < 0,40$
100	$a_3 < 0,20$
1000	$a_3 < 0,25$

Discussão e Conclusões

Os resultados obtidos permitem identificar algumas situações onde a dose efetiva poderá ser subestimada caso o trabalhador utilize apenas um monitor individual afixado na parte frontal do tórax. A saber:

a - exposição a fótons com energia próxima de 40 keV: permanência por um período superior a 50% do tempo com as costas voltadas para a fonte de radiação;

b - exposição a fótons com energia próxima ou superior a 100 keV: permanência por um período superior a 20% do tempo com as costas voltadas para a fonte de radiação;

Referências

- ¹ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60, Pergamon Press, Oxford, (1991).
- ²ICRU. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. A Draft Prepared by the Joint Task Group of the ICRP and ICRU, 1996.
- ³ICRU. Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations. ICRU Report 47, 1992.
- ⁴Till, E.; Zankl, M. and Drexler G. Angular Dependence of Depth Doses in a Tissue Slab Irradiated with Monoenergetic Photons. GSF-Bericht 27/95, 1995.
- ⁵Grosswendt, B. and Hohlfield, K. Angular Dependence of Specified Depth Dose Equivalent Quantities in the ICRU Sphere for Photon Radiation. Radiat. Prot. Dosim. 3, 169-174, 1982.