

Estudo Preliminar de Monitoração Interna dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos ao ^{18}F FDG no CRCN-NE

Cássio M. Oliveira¹ Isabelle V. B. Lacerda², Fabiana F. Lima², Mércia L. Oliveira², Tânia V. da Silva³, Thêssa C. Alonso³ e Teógenes A. da Silva^{1,3}

¹Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares - UFMG,
31270-901, Brasil
cmo@cdtn.br

²Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE/CNEN),
50740-540, Brasil
bellelacerda@hotmail.com, line_@hotmail.com, fllima@cnen.gov.br,
mercial@cnen.gov.br, falima@cnen.gov.br

³Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN),
31270-901, Brasil
silvatv@cdtn.br, alonso@cdtn.br, silvata@cdtn.br

Abstract. This work aims to develop and establish a methodology for *in vivo* internal monitoring at individuals occupationally exposed (IOE) to ^{18}F in form of ^{18}F FDG at the DIPRA/CRCN-NE. The detection system used was the NaI(Tl) 3"x 3", coupled with the software Genie 2000. The measurements performed with the brain phantom were used to obtain the Calibration Factor. The bioassay data interpretation was performed through software AIDE, using the ^{18}F FDG biokinetic model available in ICRP 53 publication. The MDED obtained was compared to the value of the recording level, 1 mSv, recommended by IAEA in order to validate the technique. During two days of ^{18}F FDG productions, there were performed *in vivo* measurements of the IOE at DIPRA/CRCN-NE. The methodology developed demonstrated sufficient sensitivity for detect MDED of 76 nSv. The results of the *in vivo* measurements demonstrated that all IOE from CRCN/NE obtained doses below MDED.

1 Introdução

Atualmente, o ^{18}F FDG é o radiofármaco mais utilizado nas clínicas PET (*positron emission tomography*). A PET é uma modalidade de imagem utilizada para o diagnóstico, estadiamento, monitoração de terapias e avaliação de recorrências de câncer e, devido a detecção precoce de enfermidades como o câncer, tem se notado o aumento da demanda por estes exames. Como consequência, o número de equipamentos PET tem aumentado rapidamente por todo o mundo [1]. No Brasil, devido aos benefícios desta técnica, aproximadamente 40 serviços de medicina nuclear já contam com equipamentos PET e/ou PET/CT [2]. Dessa maneira, novos centros produtores do radiofármaco ^{18}F FDG irão surgir e consequentemente maiores atividades de ^{18}F na forma de ^{18}F FDG serão manipuladas, o que acarretará o aumento

na probabilidade de incorporação deste composto pelos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE). Por este motivo o objetivo deste trabalho é desenvolver e implementar uma técnica de monitoração interna *in vivo* de ^{18}F na forma do radiofármaco ^{18}FDG no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste CRCN-NE, que iniciou a produção de ^{18}FDG em 2010 e, atualmente, fornece o produto para duas clínicas em Recife-PE [3].

2 Metodologia

O sistema de detecção disponível foi o detector NaI(Tl) 3"x 3", acoplado ao software Genie 2000. A calibração *in vivo* do sistema de detecção consistiu na obtenção do Fator de Calibração utilizando o fantoma de cérebro inserido no crânio de resina. A atividade de 23,1 kBq de solução padrão líquida de ^{22}Na foi preparada e inserida no crânio artificial de resina, simulando um indivíduo contaminado. O fantoma de cérebro foi utilizado devido à alta absorção de ^{18}FDG por este órgão. A fonte de ^{22}Na foi utilizada por ser um emissora de pósitron com conseqüente geração de fótons de 511 keV por aniquilação, além de possuir maior tempo de meia-vida comparado a meia-vida do ^{18}F . A atividade mínima detectável (AMD) pelo sistema foi realizada por meio de medições de indivíduos não expostos. A dose efetiva mínima detectável (DEMD), que avalia a sensibilidade de detecção da técnica desenvolvida foi calculada através da edição do modelo biocinético do ^{18}FDG disponibilizado pela ICRP 53 [4] utilizando o software AIDE-versão 6.0 [5]. Este software calcula as frações de retenção e excreção da atividade em um determinado compartimento/órgão em um tempo (t) após a incorporação ($m(t)_j$) e também calcula os coeficientes de dose $e(50)_j$ (dose por unidade de incorporação de um determinado radionuclídeo – Sv/Bq) para os diferentes tipos e cenários de incorporação [5]. Dessa maneira, a DEMD pode ser calculada através das seguintes expressões:

$$IMD = \frac{AMD}{m(t)_j}; \quad (1)$$

$$DEMD = IMD \times e(50)_j \quad (2)$$

Onde:

IMD = incorporação mínima detectável (Bq);

AMD = atividade mínima detectável pelo sistema (Bq);

$m(t)_j$ = maior valor da fração de retenção de atividade em um compartimento ou órgão em um tempo (t) após a incorporação (Bq/Bq);

DEMD = Dose efetiva mínima detectável (Sv);

$e(50)_j$ = coeficiente de dose para o cenário de incorporação avaliado (Sv/Bq).

Todas as medições foram realizadas de forma improvisada, na sala do setor médico do CRCN-NE (Figura 1). Ressalta-se que o limite mínimo de detecção recomendado pela AIEA é de 1 mSv [6], portanto a sensibilidade de detecção da técnica desenvolvida deve ter DEMD menor ou igual a 1 mSv. Após a obtenção da

sensibilidade de detecção do sistema foram iniciadas as medições dos IOE da Divisão de Produção de Radiofármacos do CRCN-NE. Foram realizados dois dias de medições em oito IOE, sendo que as medições foram efetuadas logo após o término dos procedimentos de produção e síntese do radiofármaco ^{18}F FDG e seu controle de qualidade.



Figura 1. Sala do setor médico do CRCN-NE

3 Resultados

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos dos seguintes parâmetros: Fator de Calibração, *Background*, AMD e DEMD.

Tabela 1. Resultados da calibração para medições *in vivo*

Fator de Calibração (cpm/Bq)	BG ^a (cpm)	AMD ^b (Bq)	DEMD ^c (mSv)
1,31	1648,6	36,75	$7,6 \times 10^{-5}$

^(a) *Background*

^(b) Atividade mínima detectável

^(c) Dose efetiva mínima detectável

A DEMD da técnica desenvolvida apresentou sensibilidade suficiente para detectar doses na ordem de 10^{-5} mSv, abaixo do limite mínimo recomendado pela IAEA, de 1 mSv. Ressalta-se o fato que, de um modo conservativo, a DEMD foi estimada para medidas *in vivo* executadas 0,1 dia após a ocorrência de incorporação via ingestão, pois é o período de maior fração de retenção de atividade no cérebro para incorporação de ^{18}F na forma de ^{18}F FDG. Sendo assim, consegue-se obter a menor dose detectada pelo sistema para o radionuclídeo (^{18}F FDG) de interesse. Após a validação da técnica de monitoração interna *in vivo*, foram realizadas medições dos IOE da Divisão de Produção de Radiofármacos do CRCN-NE. A tabela 2 apresenta os resultados das medições *in vivo* realizadas nos IOE nos dois dias de medições. A

taxa de contagem de Background (contagens por minuto - cpm) foi subtraída da taxa de contagem obtida através das medições dos IOE. O resultado é dado em termos de taxa de contagem líquida, conforme a tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Resultados das medições *in vivo* dos IOE em termos de taxa de contagem e taxa de contagem líquida

IOE	1° dia		2° dia	
	Taxa de contagem (cpm)	Taxa de contagem líquida (cpm) _L	Taxa de contagem (cpm)	Taxa de contagem líquida (cpm) _L
1	1583	-66	1575,2	-73,8
2	1605,13	-43,8	1621,7	-27,3
3	1583,8	-65,2	1584,3	-64,6
4	1577	-72	1604,13	-45
5	1587,5	-61,5	não monitorado	*
6	1611,13	-38	1607,6	-41,3
7	1569,4	-80	1575	-74
8	1579	-70	1617,13	-32

Como demonstrado pela tabela 2, os resultados das taxas de contagens líquidas dos oito IOE resultaram em taxas de contagens negativas, indicando que todas as medições executadas estão abaixo do limite mínimo de detecção do sistema. Ou seja, não foram detectadas doses efetivas comprometidas acima do limite mínimo de detecção, de 76 nSv.

4 Conclusões

A técnica de monitoração interna *in vivo* desenvolvida mostrou sensibilidade suficiente para detectar dose efetiva mínima detectável de 76 nSv, abaixo do nível de registro recomendado pela IAEA, de 1 mSv. Os resultados das medições *in vivo* demonstraram que todos os IOE do CRCN-NE obtiveram doses abaixo do limite mínimo de detecção. Esta é uma indicação de que os procedimentos de produção de ¹⁸FDG estão em conformidade com os requisitos de proteção radiológica em termos de contaminação interna. No entanto, as medições *in vivo* devem ser continuamente realizadas nos IOE da DIPRA/CRCN-NE e também serão estendidas aos IOE dos serviços de medicina nuclear de Recife-PE.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações em Medicina. Cássio Miri Oliveira agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa de Doutorado.

Referências

1. International Atomic Energy Agency (IAEA) – *Safety Report Series 58; Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT*. Vienna (2008).
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) – *Comunicação Ciclotron; Informações obtidas em 03/2011*.
3. Atividades Nucleares. *Unidade de Produção de Radiofármacos em Pernambuco faz primeiro fornecimento*. Disponível em <http://www.atividadesnucleares.com.br/canal.asp?id=126&canal=4>.
4. Acessado em 11/04/2011.
4. International Commission on Radiological Protection. ICRP, Publication 53. *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*, (1987)
5. Bertelli1, L., Melo, D. R., Lipsztein, J., Cruz-Suarez, R.: AIDE:Internal Dosimetry Software. *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 130, n 3, pag 358–367, 2008
- 6.. International Atomic Energy Agency (IAEA). *Occupational Radiation Protection*. Safety Guide N°. RS-G-1.1, (1999)