

APLICAÇÃO DE DETETORES SEMICONDUTORES NA DOSIMETRIA *IN VIVO* EM TRATAMENTO DE IRRADIAÇÃO DE CORPO INTEIRO

L.T. Campos¹, L.H. Bardella², C.C.B. Viegas³

¹Mestrado – Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN), Rio de Janeiro, RJ/Brasil

²Instituto Nacional de Câncer (INCA/MS), Rio de Janeiro, RJ/Brasil

³Programa de Qualidade em Radioterapia (INCA/MS), Rio de Janeiro, RJ/Brasil

Recebido em 16 de maio de 2005; aceito em 6 de junho de 2008.

Resumo. A radioterapia é uma das principais opções para o tratamento de câncer na atualidade. Ao longo dos anos, ela evoluiu no sentido da obtenção de ferramentas que possibilitassem um aumento gradativo das doses nos tecidos tumorais e uma diminuição das doses nos tecidos sadios, aumentando sua eficácia. A irradiação de corpo inteiro (TBI, do inglês *Total Body Irradiation*) constitui uma das etapas de tratamento da leucemia e outras formas de linfoma com o uso de radioterapia. A dosimetria *in vivo* é uma ferramenta essencial no programa de qualidade em radioterapia. De fato, uma avaliação da incerteza final entre a dose prescrita e a dose realmente liberada ao paciente é uma maneira efetiva de avaliar o procedimento. A dosimetria *in vivo* é particularmente necessária nas irradiações de corpo inteiro devido à incerteza no posicionamento. Este trabalho tem como objetivo a aplicação de um detector semicondutor, chamado diodo, na dosimetria *in vivo* em tratamentos de irradiação de corpo inteiro. Antes da utilização dos diodos nos pacientes, faz-se necessário um estudo de sua resposta em um fantoma similar ao corpo humano, bem como a avaliação da resposta do diodo em termos de linearidade, repetitividade, reprodutibilidade, bem como a sua calibração para a situação de uso. E mediante a análise dos resultados obtidos em um simulador antropomórfico, confirmou-se a viabilidade da aplicação em medidas *in vivo* no tratamento de irradiação de corpo inteiro.

Palavras chaves: TBI, controle de qualidade, diodo, dosimetria *in vivo*.

Abstract. *The total body irradiation constitutes one of technical at treatment of leukemia and others forms of lymphoma. In vivo dosimetry is an essential tool in Radiotherapy Quality Program. Indeed, an evaluation of uncertainty between the prescription dose and the dose delivered to the patient is a manner effective of value the conduct of proceed. In vivo dosimetry is necessary in total body irradiation due the uncertainty at position. The aim of this work is an application of semiconductor detectors during in vivo dosimetry in total body irradiation treatments. Before the use of diodes at patient, it is necessary a study of your response at phantom similar to human body and also the evaluation of the response diode at terms of linearity, repeatability, reproducibility with dose and your calibration for each clinical use.*

Keywords: TBI, quality assurance, diode, in vivo dosimetry.

1. Introdução

Nos últimos anos tem crescido a necessidade de empregar ações sistemáticas para garantir a qualidade dos tratamentos de radioterapia. O limite máximo recomendado internacionalmente (ICRU, 1999) entre a dose absorvida num dado ponto do tumor e a dose prescrita pelo radioterapeuta para o mesmo, é de $\pm 3\%$.

Neste contexto, vêm crescendo os esforços de se implantar um programa de qualidade utilizando detectores semicondutores na dosimetria das radiações ionizantes. Estes detectores são preferidos por serem mecanicamente resistentes, baratos e relativamente independentes das variações de pressão e umidade, além de apresentarem leitura imediata e elevada precisão e acurácia.

Este trabalho apresenta um procedimento para a implantação de um Programa de Controle de

Qualidade utilizando um semicondutor à base de silício nas medidas *in vivo* durante o TBI. O diodo foi calibrado e realizou-se um estudo comparativo das respostas do detector quando submetido às condições de operação. O desempenho do diodo foi testado num simulador RANDO-Alderson, reproduzindo as condições de medidas na prática clínica.

A análise dos resultados permitiu determinar as condições de utilização em tarefas de rotina e propôs a aplicação na medida *in vivo* no tratamento de irradiação de corpo inteiro.

2. Material e métodos

O diodo utilizado foi o Isorad-p 18-25MV, série 1164000-0 (Sun) em conjunto com um eletrômetro PDM Victoreen 37-721 (Sun). A pesquisa foi realizada com um feixe de fótons com energia nominal de 15MV produzida por um Clinac 2300

C/D (Varian). O arranjo experimental do TBI foi, inicialmente, simulado num RANDO-Alderson com a região torácica substituída por um simulador geométrico 30cm x 30cm x 30cm posicionado a uma distância SSD de 337 cm, com campo (40 x 40) cm² no isocentro. O diodo foi posicionado do lado de fora do simulador perpendicular à direção do eixo central do feixe de fótons. Dois tubos de PVC com água simularam os membros inferiores. A calibração do diodo constitui na irradiação do diodo com uma dose conhecida. Após, o diodo foi retirado e a dose absorvida na água foi calculada com a câmara de ionização posicionada a 10cm de profundidade e corrigida para a profundidade de dose máxima (1,5cm). A dose avaliada foi calculada a partir do Protocolo da IAEA (IAEA, 2000). Desta forma atribui-se à dose avaliada na câmara de ionização ao diodo.

O conjunto dosimétrico utilizado como referência foi composto de uma câmara de ionização Farmer IC70 (Wellhöfer) certificada em conjunto com um eletrômetro Keithley modelo 35040.

A resposta do diodo foi avaliada em termos de: repetitividade, reprodutibilidade com a dose, linearidade e dependência com a taxa de dose. Todos os testes foram realizados utilizando o mesmo arranjo experimental da calibração.

O diodo foi utilizado com um isolamento de isopor, já que este, apresenta sensibilidade com a temperatura. A quantidade de unidades de monitor foi calculada para obter 1Gy na linha média, para que fossem tomadas 3 medidas com o diodo. Placas de acrílico foram adicionadas à frente do simulador de forma a variar a profundidade de prescrição de dose.

As leituras obtidas com o diodo foram corrigidas para temperatura ambiente (K_{Temp}), para linearidade (K_{Lin}) e para a taxa de dose (K_{TD}), conforme a Equação 1, onde D_{Ent} é a leitura do diodo (D_{Med}) corrigida pelos fatores de correção.

$$D_{Ent} = D_{Med} \cdot k_{Lin} \cdot k_{Temp} \cdot k_{TD} \quad (1)$$

, onde K_{Temp} é o fator de correção para temperatura, K_{Lin} é o fator de correção para linearidade e K_{TD} é o fator de correção para taxa de dose.

A dose na linha média (D_{LM}), onde a dose é prescrita no TBI, é obtida aplicando-se o resultado da Equação 1 na Equação 2.

$$D_{LM} = D_{Ent} \cdot PDP_x \quad (2)$$

Após o arranjo experimental ser testado; um paciente foi avaliado. Foram feitas seis medidas em cada um dos campos; ântero-posterior e pósterio-anterior. O diodo foi posicionado no paciente perpendicularmente à direção do eixo central do feixe de radiação. Com a medida do

diodo, após as devidas correções, foi calculado o desvio em relação à dose prescrita para o tratamento.

A dose foi avaliada apenas no eixo central, pois o objetivo do trabalho é implementar um controle de qualidade durante a rotina no tratamento de irradiação de corpo inteiro. Deste modo, o procedimento de avaliação da dose ministrada ao paciente deve ser de leitura imediata e rápida. Outros trabalhos tiveram o objetivo de avaliar a dose em órgãos críticos (Jornet et al., 1996; Greig et al., 1996, Mangili et al., 1999).

3. Resultados

O valor encontrado para o fator de calibração do diodo em (cGy/nc) foi $4,059 \times 10^{-3}$. Este foi calibrado na superfície do simulador para obter a dose na profundidade de máximo.

Na Tabela 1 é apresentado o fator de correção para linearidade e taxa de dose, assim como o fator de correção para a temperatura obtida do manual do detector e foi avaliado por Viegas (Viegas, 2003).

Tabela 1. Fator de correção para linearidade e taxa de dose.

Linearidade (K_{Lin})	$k_{Lin,x} = 0,0059 D_x + 0,9928$
Taxa de Dose (K_{TD})	$k_{TD} = 1,018$
Temperatura (K_{Temp})	$k_{Temp} = 1 + 0,003 (23 - T)$

Foi encontrada uma dispersão máxima de 1,28% nos resultados obtidos com o simulador RANDO-Alderson, portanto, todos em acordo com o limite aceitação de $\pm 3\%$.

Os resultados obtidos com as medidas no paciente com o campo anterior e campo posterior encontram-se apresentadas na Figura 1.

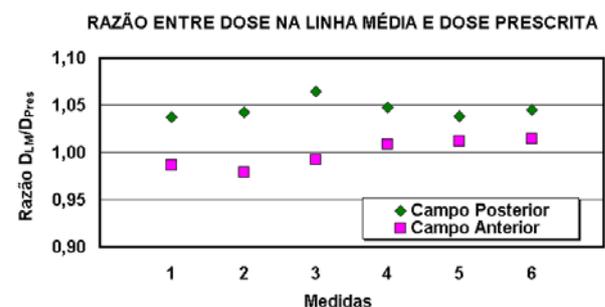


Figura 1. Dispersão das doses avaliadas com o diodo com o campo posterior e anterior do paciente.

Através das medidas no campo posterior, pôde-se observar que o paciente não estava posicionado de acordo com o cálculo da distância fonte-isocentro utilizado na determinação das unidades de monitor para a dose prescrita pelo radioterapeuta. Deste modo, foi calculada uma dose prescrita de acordo com o verdadeiro posicionamento do paciente. O gráfico da Figura 2 apresenta os novos resultados.

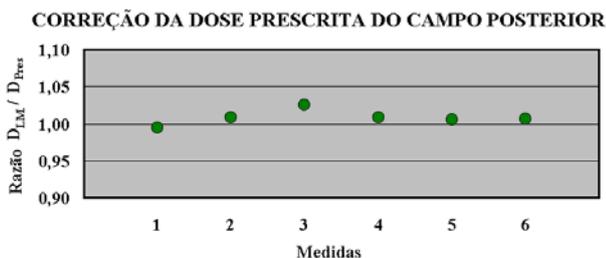


Figura 2. Dispersão das Doses Corrigidas para Distância no Campo Posterior do Paciente.

4. Conclusão

A razão entre a dose na linha média e a dose prescrita pelo médico encontra-se, na dentro do limite aceitável de 3%.

Com este trabalho foi possível comprovar que o diodo mostra-se adequado à medição *in vivo* como Controle de Qualidade devido à sua resposta imediata e fácil manuseio. Deste modo, a implementação da metodologia torna-se viável e relevante, já que, o tratamento de irradiação de corpo inteiro necessita de uma grande eficácia na distribuição de dose, pois o paciente está sendo preparado para o transplante de medula óssea e assim, quanto maior a eficácia do tratamento, maior a probabilidade do transplante ser bem sucedido.

Portanto, fica proposta, a utilização do diodo, como Controle de Qualidade, para avaliar a dose ministrada ao paciente em pelo menos toda primeira fração do tratamento.

Referências

- Greig J.R., Miller R.W., Okunieff P. (1996), An Approach to Dose Measurement for Total Body Irradiation, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 36 (2), p. 463-468.
- IAEA (2000), Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water, Technical Report Series n° 398, IAEA Vienna, 230 p.
- ICRU (1999), Prescribing Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50), Report n° 62, ICRU, Bethesda, 53 p.
- Jornet N., Ribas M., and Eudaldo T. (1996), Calibration of semiconductor detectors for dose assessment in total body irradiation, *Radiotherapy and Oncology*, 38, p. 247-251.
- Mangili P., Fiorino F., Rosso A., Cattaneo G. M., Parisi R., Villa E., Callandrino R. (1999), In-vivo dosimetry by diode semiconductors in combination with portal Films during TBI: reporting a 5-year clinical experience, *Radiotherapy Oncology*, 52, p. 269-276.
- Viegas, C. C. B. (2003), Dosimetria In Vivo com Uso de Detetores Semicondutores e Termoluminescentes Aplicada ao Tratamento de Câncer de Cabeça e Pescoço. In: Dissertação de Mestrado COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 190 p.