

Comparação entre Dispositivos Eletrônicos de Imagens Portais e matriz de câmaras de ionização para garantia da qualidade de radioterapia de intensidade modulada

Comparison between Electronic Portal Imaging Devices and ion chamber matrix for intensity-modulated radiotherapy quality assurance

Thiago B. Silveira^{1,2}, Marília B. Lima² e Luiz A. R. da Rosa¹

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

²Departamento de Física Médica, Instituto Nacional de Câncer (INCA) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Resumo

O tratamento utilizando a técnica de radioterapia de intensidade modulada (IMRT) exige um controle de qualidade individual específico. A matriz de detectores é um método bem estabelecido para verificar as distribuições de dose, apesar da relativamente baixa resolução espacial. Uma alternativa em franca ascensão é o uso dos Dispositivos Eletrônicos de Imagens Portais (EPIDs). O objetivo deste trabalho é validar o uso do EPID em função dosimétrica para controle de qualidade de IMRT o comparando com o método previamente utilizado com matriz de câmaras de ionização. Foram analisados dez planejamentos para sítios tumorais e energias diferentes do acelerador linear *Trilogy* (Varian Medical Systems). Empregou-se a modalidade de IMRT por *Sliding-window* e as irradiações foram realizadas tanto no EPID quanto no *Physikalisch-Technische Werkstätten* (PTW) 2D Array seven29. Os softwares utilizados na análise dos dados foram: *Verisoft* versão 4.0, para os coletados pelo Array, e *Eclipse 8.6* com a licença para *Portal Dosimetry* para as leituras feitas pelo portal. A avaliação da concordância entre as distribuições de dose, planejada e medida, foi feita com base no Índice Gama, com parâmetros de 3% em 3 mm. O EPID mostrou resultados de percentuais de aprovação inferiores em 2,17% na média, além de maiores valores de índice gama médio; mesmo assim corroborou as aprovações de todos os planos analisados. Este fato evidencia a maior sensibilidade do EPID, devido à sua alta resolução espacial de 0,784 mm contra uma resolução de 1,0 cm do Array, o que o torna mais eficaz para identificar variações de dose. O EPID, juntamente com o *Portal Dosimetry*, mostraram-se ótimas ferramentas para realizar verificações pré-tratamento de IMRT, permitindo ganho significativo na análise das distribuições de dose. Além disto, o EPID apresenta maior praticidade de posicionamento, manipulação das imagens, aquisição e análise dos dados e uma área de detecção 60% maior.

Palavras-chave: radioterapia de intensidade modulada, controle de qualidade, radioterapia guiada por imagem, dosimetria.

Abstract

The treatment with intensity-modulated radiotherapy (IMRT) demands an individual and specific quality assurance procedure. The use of ion chamber matrix is a well establish method to dose distribution verifications, despite the lower spatial resolution. An alternative method arising is the use of the Electronic Portal Imaging Devices (EPIDs). The aim of this paper is to validate the EPID use for quality assurance of IMRT comparing it to the previous method employing an ion chamber matrix. We analyzed 10 treatment plannings for different tumor sites and photons energies of the linac *Trilogy* (Varian Medical Systems). We used *Sliding-window* IMRT and the measurements were acquired in EPID and in *Physikalisch-Technische Werkstätten* (PTW) 2D Array seven29. Two different softwares were used to analyze the data: *Verisoft* version 4.0, for Array data; and *Eclipse 8.6* with *Portal Dosimetry* for EPID data. The evaluation of concordance levels between measured and predicted images used the Gamma Index tool with 3% of dose difference and 3 mm of distance to agreement. The EPID showed worse results for approval percentiles, in average 2.17%, and bigger values of average gamma index, although its analysis confirmed the approvals of all plannings. This happens because of the better sensitivity generated by the higher spatial resolution of the EPID, 0,784 mm against 1,0 cm of the Array, so it has bigger capacity to identify small dose variations. The EPID, jointly with the *Portal Dosimetry*, proved to be excellent tools to perform pre-treatment IMRT verifications, providing significant gain in dose distribution analysis. Also, the EPID is easier for positioning, for images manipulation, for data acquisition and analysis and has detection area 60% bigger.

Keywords: intensity-modulated radiotherapy, quality control, image-guided radiotherapy, dosimetry.

Introdução

A técnica de tratamento com feixe de intensidade modulada (IMRT) utiliza a movimentação das lâminas do colimador multilâminas (MLC) para variar a fluência do feixe de fótons e, assim, conformar a dose ao tecido tumoral, poupando os tecidos sadios. A alta complexidade envolvida na aplicação desta técnica exige um programa de controle de qualidade específico para verificação de estabilidade e constância do desempenho do MLC. Além disso, faz-se necessária também uma verificação prévia de cada planejamento para garantir que a movimentação de lâminas planejada seja realmente executada no acelerador.

A matriz de detectores é um método bem estabelecido para verificar essas distribuições, pois possui boa reprodutibilidade, linearidade da resposta *versus* dose absorvida e fatores externos, além de uma excelente concordância com os dados medidos com câmaras de ionização convencionais¹. Os arquivos de medida gerados pelas matrizes de detectores são dados em formato digital, o que facilita a sua análise. Outra vantagem do uso destes dispositivos frente ao controle de qualidade utilizando filmes dosimétricos é a grande praticidade de manipulação e posicionamento do equipamento e ausência de procedimentos externos como revelação e processamento, porém há uma perda significativa em resolução espacial.

A alternativa mais recente para a realização da verificação pré-tratamento dos IMRTs são os Dispositivos Eletrônicos de Imagens Portais (EPIDs)²⁻⁴, ainda mais práticos que as matrizes de detectores, que podem fornecer resultados mais precisos, pois possuem resolução espacial comparável aos filmes dosimétricos. Para implantar a metodologia de verificação utilizando o EPID, recomenda-se validá-lo frente ao método empregado anteriormente como referência.

O objetivo deste trabalho é validar o uso do EPID em função dosimétrica para controle de qualidade de IMRT o comparando a uma matriz de câmaras de ionização.

Material e Métodos

Foram realizados dez planejamentos com a técnica de IMRT na modalidade *Sliding-window*, utilizando o sistema de planejamento Eclipse, versão 8.6, com o algoritmo *Pencil Beam Convolution* (PBC). Usaram-se as duas energias de fótons do acelerador linear *Trilogy* (Varian Medical Systems). Com a energia de 6 MV foram feitos cinco planejamentos de cabeça e pescoço (CP), dois de sistema nervoso central (SNC) e um de canal anal (CA). Já com a energia de 10 MV foram feitos dois planejamentos de próstata (Prost).

A partir do plano de tratamento, o sistema de planejamento gera um plano de verificação que tem a mesma fluência e tamanho de campo do plano original, mas com o *gantry*, colimador e mesa na angulação de zero grau.

A previsão da distribuição das isodoses se dá de maneiras diferentes para cada um dos métodos. Para o cálculo das isodoses previstas para a matriz de detectores utilizou-se o mesmo algoritmo do planejamento, o PBC. Já o da distribuição prevista para o EPID é feito pelo *Portal Dose Image Prediction* (PDIP).

A matriz de câmaras de ionização utilizada é fabricada pela PTW-Freiburg, modelo 2D Array, composta por 729 câmaras de ionização com 0,125 cm³, espaçadas em 1 cm, o que representa campo máximo de radiação de 27x27 cm², com ponto de referência de medida a 0,5 cm de profundidade.

O arranjo experimental utilizando o 2D Array envolveu o uso de duas placas de água sólida de 5 cm de espessura e área 30x30 cm², uma embaixo e outra em cima do detector (Figura 1). Os detectores foram posicionados de forma que seu ponto efetivo de medida coincidissem com o plano do isocentro do aparelho. Este arranjo foi reproduzido em uma tomografia computadorizada para inserção no sistema de planejamento e cálculo de doses previstas.

A calibração do 2D Array é realizada antes das medidas. Este procedimento estabelece um fator de correlação entre a leitura da câmara central da matriz e uma dose absoluta previamente conhecida. O fator é, então, empregado durante as análises para correção de todas as distribuições adquiridas com o 2D Array.

O EPID utilizado neste trabalho é componente do acelerador *Trilogy*, modelo aS500-II, composto por uma unidade de detecção (IDU) e um sistema de aquisição de imagens (IAS3). Este modelo de IDU possui matriz de fotodiodos imersos em silício amorfo com área máxima de irradiação de 40x30 cm². A imagem gerada pelo EPID, em formato DICOM RT, possui resolução de 512x384 pixels, correspondente a 0,784 mm por pixel. No momento da irradiação o EPID fica numa posição pré-configurada como isocentro, na qual a superfície do detector (por baixo da capa) encontra-se a 98,8 cm de *source-skin distance* (SSD) (Figura 2).

O EPID foi previamente calibrado para dose absoluta na unidade *Calibration Units* (CU) em uma razão correspondente a 1 CU para cada 100 UM (unidades monitoras), utilizando campo 10x10 cm², com os detectores posicionados na linha do isocentro do aparelho. Esta razão foi mantida para ambas as energias, apesar das diferenças de dose absoluta, por praticidade de uso e recalibração, quando necessário.

Os softwares utilizados na análise dos dados são: *Verisoft* versão 4.0, para os dados coletados pelo Array; e Eclipse 8.6 com a licença para *Portal Dosimetry* (PD) para as leituras feitas pelo portal.

A avaliação da concordância entre as distribuições de dose, planejada e medida, foi feita com base no Índice Gama (γ)⁵, com parâmetros de 3% de variação de dose (em relação ao valor máximo), distância para aceitação de 3 mm e *threshold* de 20% para cada campo de tratamento. Os softwares de análise calculam os valores de gama médio (γ) e percentual de pontos aprovados para

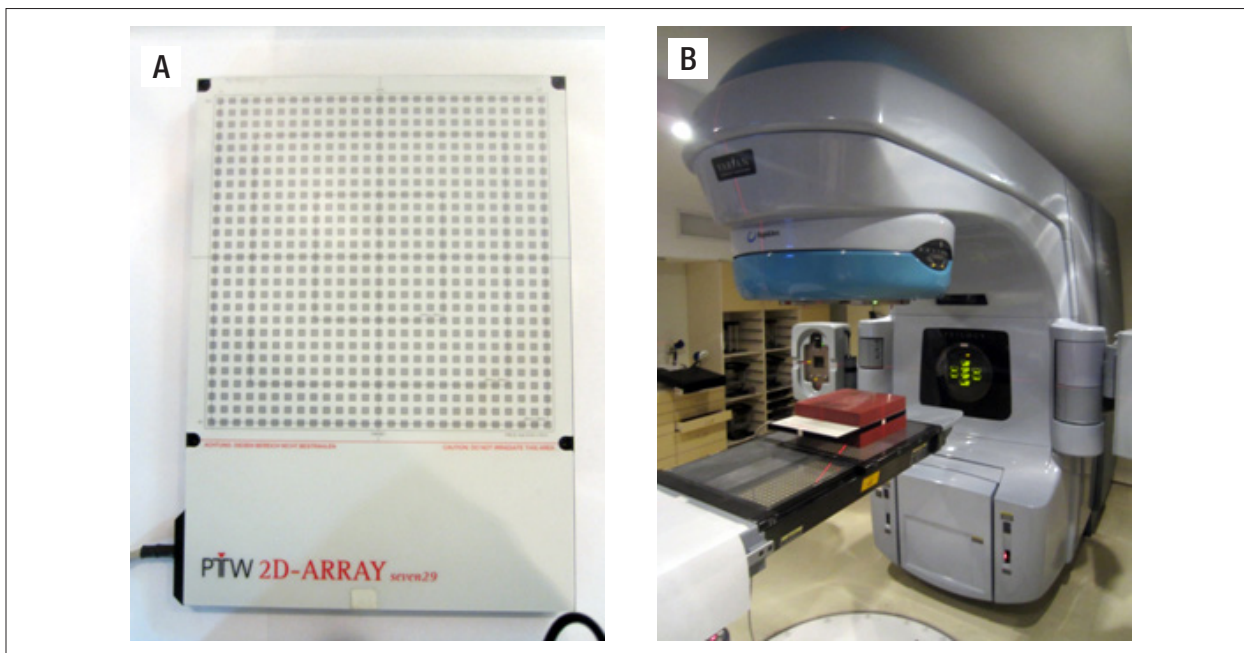


Figura 1. Imagem do sistema seven 29 2D Array e o seu posicionamento entre placas de água sólida no acelerador linear Trilogy.

os campos individualmente. Os pontos são considerados aprovados quando o seu valor γ é menor que um. No Instituto Nacional de Câncer (INCA), estabeleceu-se a aprovação final de um campo condicionada a ele apresentar pelo menos 90% de pontos aprovados.

A análise final das metodologias de controle de qualidade foi feita com base na comparação de dois fatores: o percentual de aprovação final dos planos e o valor do índice gama médio para eles.

Resultados e Discussão

A diferença média de percentual de aprovação entre os dois métodos foi de 2,17% a favor do Array. E em apenas um dos casos analisados a média do PD se mostrou superior ao Verisoft. A Figura 3 mostra os valores médios de aprovação dos planos, caso a caso.

Observa-se claramente que os índices de aprovação com o 2D Array são bem elevados, todos acima de 97%. Já com o PD obteve-se variação entre 91 e 99%. Além disso, os campos com aprovação de 100%, com o 2D Array, não mostraram resultados tão bons com o EPID.

Em todos os planejamentos analisados pelo Array, pelo menos um dos campos obteve aprovação de 100%, enquanto o EPID não aprovou nenhum campo com este percentual.

É importante ressaltar que mesmo com percentuais de aprovação inferiores, o EPID confirmou os resultados do Array, pois não mostrou reprovação em planos aprovados com o Verisoft.

Analisando os valores de índice gama médio (γ) também percebemos comportamento similar (Figura 4). Percebe-se, como esperado, que o valor médio do γ de



Figura 2. Posicionamento do dispositivo eletrônico de imagens portais.

um planejamento costuma ser inversamente proporcional ao seu percentual de aprovação.

As diferenças percentuais entre os valores apontados pelo Verisoft e pelo PD para o índice gama médio variaram entre 9,12 e 66,31%, sendo possível observar que o PD apresenta valores sempre superiores ao Verisoft.

Os menores índices de aprovação apresentados pelas leituras feitas pelo EPID evidenciaram maior sensibilidade

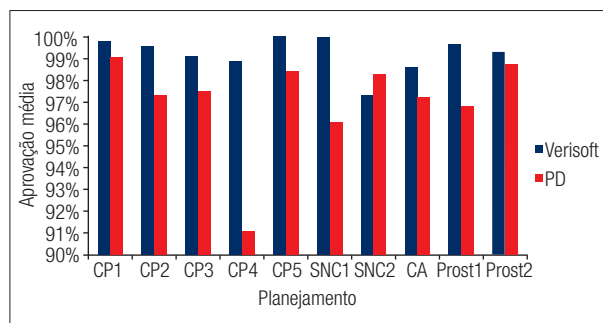


Figura 3. Gráfico sobre a aprovação do Verisoft e Portal *Dosimetry* para cada planejamento.

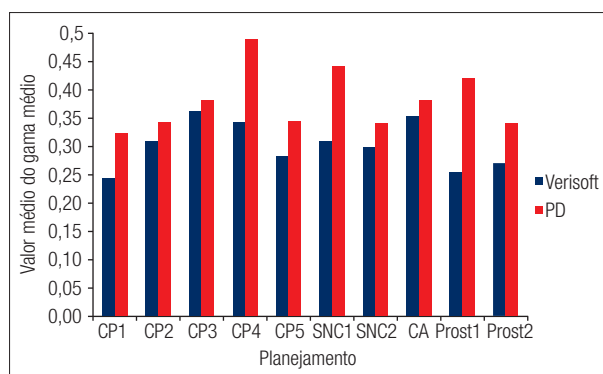


Figura 4. Índice gama médio apresentado pelo *Verisoft* e pelo Portal *Dosimetry*.

deste equipamento. Isto se deve à sua alta resolução espacial, 0,784 mm contra 1,0 cm do Array. Com isso, o número de pontos analisados pelo *Portal Dosimetry* é muito superior ao do *Verisoft*, em torno de 100 vezes. Isto o torna mais adequado para identificar pequenas variações na distribuição de dose e justifica também seus valores superiores de gama médio.

Apesar da maior resolução, percebe-se que um dos planejamentos e alguns campos de tratamento obtiveram índice de aprovação maior com o PD. Ao mesmo tempo em que um menor número de detectores propicia maior percentual de aprovação, em alguns casos isto pode influenciar também menor aprovação. Caso um ponto com maior discordância de dose caia exatamente sobre um dos detectores da matriz, este terá uma contribuição muito forte para reduzir o percentual de aprovação frente ao menor valor total de pontos analisados. Já com o EPID, por ele avaliar número de pontos maior na mesma área, consegue-se caracterizar melhor esta diferença isolada, aproximando-se assim da dose prevista.

Um fator que pode influenciar positivamente a análise desenvolvida pelo *Verisoft* é a calibração da matriz, visto que adota como referência uma leitura de dose feita momentos antes da verificação. Caso o acelerador apresente leves alterações em algum parâmetro importante, tal como o fator de calibração dos feixes, isto não acarretará em erro, pois a calibração prévia já possui intrinsecamente esta

informação. Já no caso do EPID, o risco é consideravelmente maior, visto que a sua calibração foi feita logo após uma dosimetria absoluta dos feixes e não antes da verificação. Entretanto, tal problema pode ser minimizado com a realização de uma simples aferição de dose juntamente à irradiação do plano de verificação. Caso constatado desvio entre a dose de calibração e a dose medida durante o controle, pode-se adotar a metodologia de avaliação relativa, corrigindo-se o erro medido nas distribuições.

Outra facilidade promovida pela utilização do EPID é o posicionamento. Por ser um procedimento automatizado, fornece maior precisão e reprodutibilidade. Já com o 2D Array, o posicionamento é realizado por inspeção visual, o que pode gerar pequenos desvios e, assim, influenciar negativamente as análises.

O EPID também apresenta uma área de detecção aproximadamente 60% maior que o 2D Array, permitindo a análise de campos com dimensões bem grandes, importantes para a verificação de alguns tipos de tratamento, como sarcomas e tumores de canal anal, cuja área de irradiação pode ser maior que 27 cm em uma ou mais dimensões.

Conclusões

O EPID, juntamente com o *Portal Dosimetry*, mostrou-se uma ótima ferramenta para realizar verificações pré-tratamento de IMRT, permitindo ganho significativo na análise das distribuições de dose, avaliando em torno de 100 vezes mais pontos nas distribuições planares.

Mesmo com as diferenças de resolução espacial, o *Portal Dosimetry* confirmou os resultados obtidos com o *Verisoft*.

O EPID apresenta maior praticidade de posicionamento e manipulação das imagens, visto que não é necessária a utilização de qualquer equipamento extra ou alinhamento visual. Toda a aquisição e análise de dados é feita e interconectada ao sistema de planejamento por meio de uma rede, sem a necessidade de exportação e conversão de dados. Além disso, possui área de detecção bem maior, englobando quase a totalidade dos planejamentos de IMRT.

Referências

1. Low DA, Moran JM, Dempsey JF, Dong L, Oldham M. Dosimetry tools and techniques for IMRT. *Med Phys.* 2011;38(3):1313-38.
2. Van Esch A, Depuydt T, Huyskens DP. The use of a Si-based EPID for routine absolute dosimetric pre-treatment verification of dynamic IMRT fields. *Radiother Oncol.* 2004;71(2):223-34.
3. Warkentin B, Steciw S, Rathee S, Fallone BG. Dosimetric IMRT verification with a flat-panel EPID. *Med Phys.* 2003;30(12):3143-55.
4. van Elmt W, McDermott L, Nijsten S, Wendling M, Lambin P, Mijnheer B. A literature review of electronic portal imaging for radiotherapy dosimetry. *Radiother Oncol.* 2008;88(3):289-309.
5. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys.* 1998;25(5):656-61.