

Đánh giá kế hoạch 3D-CRT trên hệ thống lập kế hoạch điều trị Prowess Panther bằng phương pháp mô phỏng Monte Carlo cho bệnh nhân ung thư vòm họng

Lương Thị Oanh^{1,2}, Dương Thanh Tài^{2,3,*}, Hoàng Đức Tuấn^{1,2}, Trương Thị Hồng Loan²

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá tính chính xác liều của kế hoạch điều trị thích ứng ba chiều (Three Dimensional Conformal Radiation Therapy, 3D-CRT) trên phần mềm lập kế hoạch điều trị Prowess Panther (TPS) bằng phương pháp mô phỏng Monte Carlo (MC) cho bệnh nhân ung thư vòm họng. Trong nghiên cứu này chúng tôi đã sử dụng chương trình mô phỏng EGSnrc với hai phần mềm chính là BEAMnrc và DOSXYZnrc. Đầu tiên, phần mềm BEAMnrc sử dụng để mô phỏng chùm photon năng lượng 6 MV phát ra từ máy gia tốc tuyến tính Siemens Primus tại Bệnh viện Đa khoa Đồng Nai. Sau đó, phần mềm DOSXYZnrc được sử dụng để tính phân bố liều trên hình ảnh CT của bệnh nhân với các thông số giống như trong phần mềm lập kế hoạch điều trị Prowess Panther (Mỹ). Cuối cùng, phân bố liều tính được từ mô phỏng và phần mềm Prowess Panther được so sánh với nhau dựa trên lát cắt CT, chỉ số Gamma và biểu đồ liều lượng thể tích DVH (dose-volume histogram). Kết quả có sự phù hợp tốt giữa phân bố liều tính toán từ mô phỏng MC với kế hoạch điều trị 3D-CRT trên phần mềm lập kế hoạch Prowess Panther. Chỉ số phù hợp Gamma toàn cầu với tiêu chí 3%/3 mm là 92,8%. Liều hấp thụ tại thể tích bia lập kế hoạch (Planning Target Volume - PTV) giữa MC và TPS sai lệch rất nhỏ 0,97%, liều tại tuyến mang tai và tủy sống của TPS lớn hơn so với MC. Kết quả thu nhận được cho thấy phân bố liều của kế hoạch 3D-CRT tính được từ phần mềm Prowess Panther cho bệnh nhân ung thư vòm phù hợp tốt với phân bố liều tính từ MC.

Từ khoá: Mô phỏng Monte Carlo, EGSnrc, 3D-CRT

¹Khoa Y, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

²Khoa Vật lý – Vật lý kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

³Khoa Ung bướu và YHHN, Bệnh viện Đa khoa Đồng Nai

Liên hệ

Dương Thanh Tài, Khoa Vật lý – Vật lý kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

Khoa Ung bướu và YHHN, Bệnh viện Đa khoa Đồng Nai

Email: thanhtai_phys@yahoo.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 05-12-2018
- Ngày chấp nhận: 26-02-2019
- Ngày đăng: 26-06-2019

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjns.v3i2.518>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



GIỚI THIỆU

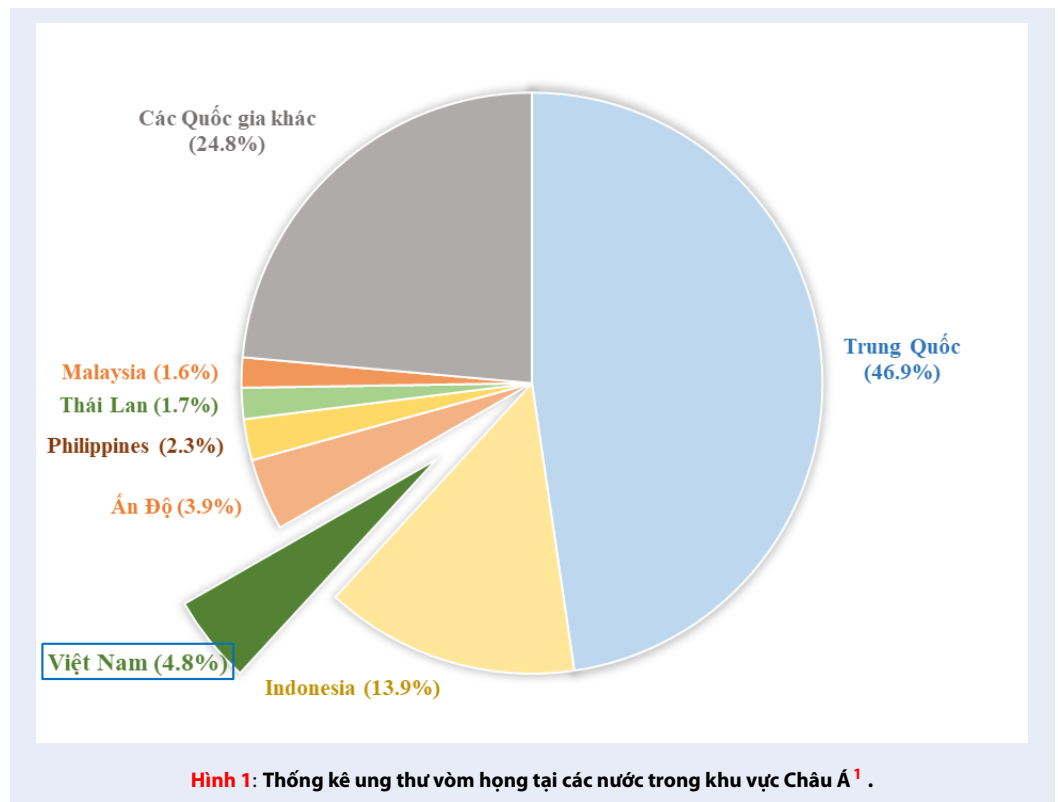
Ung thư vòm họng là bệnh lý ác tính thường gặp nhất trong số các ung thư ở vùng đầu mặt cổ. Theo thống kê năm 2018 của GLOBOCAN (Global Cancer)¹ Việt Nam là nước đứng thứ 3/47 nước của khu vực Châu Á có số bệnh nhân ung thư vòm họng nhiều nhất, bệnh gặp rất phổ biến ở Trung Quốc (46,9%), Indonesia (13,9%), Việt Nam (4,8%),... (**Hình 1**)¹.

Tại Việt Nam, việc điều trị ung thư ở các trung tâm và Bệnh viện thông thường sử dụng kỹ thuật thích ứng ba chiều (3D-CRT). Kỹ thuật này cho phép cấp liều cao hơn đến khối u và giảm liều tối thiểu đảm bảo trong giới hạn mà các cơ quan lành xung quanh có thể chịu đựng được. Tuy nhiên, cường độ trong mỗi trường chiếu của kỹ thuật này đồng nhất như nhau nên các cơ quan lành cũng nhận một liều hấp thụ tương đương khối u². Do đó, tất cả các kế hoạch 3D-CRT cần phải được kiểm tra chất lượng trước khi tiến hành xạ trị cho bệnh nhân để đảm bảo rằng bệnh nhân sẽ nhận được đúng liều bác sĩ đã chỉ định cũng như tránh ảnh hưởng đến sức khỏe của bệnh nhân sau khi điều trị. Có nhiều phương pháp cũng như các tiêu

chuẩn để thực hiện kiểm tra việc đáp ứng liều của các kỹ thuật xạ trị. Theo các tiêu chuẩn quốc tế của AAPM (American Association of Physicists in Medicine)², IAEA (International Atomic Energy Agency)³, ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) thì tất cả các kế hoạch đều phải được kiểm tra chất lượng kỹ lưỡng trước khi tiến hành xạ trị cho bệnh nhân. Tuy nhiên, những tiêu chuẩn này là chung chung và không chi tiết cho các vấn đề cụ thể. Về cơ bản, có 3 phương pháp được sử dụng để kiểm tra chất lượng (QA, Quality Assurance) cho một kế hoạch xạ trị gồm⁴:

*Phương pháp QA dựa trên đo đạc thực nghiệm*⁵ (measurement-based method) bao gồm: QA liều điểm sử dụng các đầu dò buồng ion hóa hoặc liều kế nhiệt phát quang (TLD, Thermoluminescence Dosimetry) để đo liều tại một số điểm riêng biệt; QA liều phân bố theo không gian hai chiều (QA-2D, Two Demension) sử dụng phim đo liều, mảng đầu dò như MatrixX, Mapcheck; QA liều phân bố theo không gian ba chiều (QA-3D, Three Demension) như dùng Octavius, ArcCheck và QA liều phân bố theo không gian bốn chiều (QA-4D, Four Demension) sử dụng gel. Phương pháp

Trích dẫn bài báo này: Oanh L T, Tài D T, Tuấn H D, Loan T T H. **Đánh giá kế hoạch 3D-CRT trên hệ thống lập kế hoạch điều trị Prowess Panther bằng phương pháp mô phỏng Monte Carlo cho bệnh nhân ung thư vòm họng.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(2):90-99.



QA dựa trên thực nghiệm có thể kiểm tra độ chính xác của kế hoạch điều trị và hệ thống phát tia. Tuy nhiên, phương pháp này không thể xác định được liều bệnh nhân nhận được bằng bao nhiêu, đặc biệt đối với vùng điều trị có cấu trúc mô không đồng nhất, nơi mà liều khác biệt đáng kể so với môi trường đồng nhất. Ngoài ra, còn có những sai số trong quá trình định vị bệnh nhân (patient setup error), chuyển động và biến dạng của cơ quan (organ motion and deformation) mà phương pháp này không tiên đoán được. Hơn nữa, phương pháp này mất nhiều thời gian thực hiện, chi phí mua sắm thiết bị cao là một trong thách thức khi thực hiện QA⁴.

*Phương pháp QA dựa trên tính toán (calculation-based method)*⁴: Phương pháp này tính toán dựa trên hình ảnh chụp cắt lớp vi tính (CT, Computer Tomography) của bệnh nhân và các dữ liệu từ máy gia tốc để kiểm tra thuật toán tính liều, số MU phát ra từ máy gia tốc, sự hiệu chỉnh môi trường không đồng nhất trong TPS. Phương pháp này được thực hiện nhờ vào các phần mềm như: DIAMOND™ (PTW, Freiburg, Germany), RadCalc (LifeLine Software, Inc, Austin, TX, USA), MUCheck (Oncology Data Systems, Inc),... Kỹ thuật này có thể được thực hiện bất cứ lúc nào bằng cách sử dụng máy tính, không mất nhiều thời gian và khả năng tự động cao. Tuy nhiên, phương pháp này

vẫn có hạn chế là không phát hiện được lỗi truyền dữ liệu từ TPS sang máy gia tốc, lỗi thiết lập và chuyển động của cơ quan,...

Phương pháp QA dựa trên mô phỏng Monte Carlo (simulation based method)^{4,6,7}: Là một phương pháp toàn diện để kiểm tra chất lượng kế hoạch điều trị vì nó có thể mô phỏng các thực nghiệm trên bệnh nhân và đầu máy điều trị dựa trên các nguyên lý cơ bản. Phương pháp này có thể thực hiện nhiều nhiệm vụ mà không thể làm được bằng thực nghiệm thí dụ như xác định liều hấp thụ ở bệnh nhân và có thể cung cấp thêm nhiều thông tin một cách chính xác. Phương pháp này được sử dụng để kiểm tra lỗi truyền dữ liệu từ TPS sang máy gia tốc bằng việc kết hợp giữa liều đo đặc và liều phát ra từ máy gia tốc hoặc để kiểm tra lại phân bố liều được tính bởi phần mềm lập kế hoạch. Đây là một chủ đề thu hút được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trên thế giới. Năm 2009 tác giả D. Schoenberger và cộng sự sử dụng mô phỏng MC để đánh giá chất lượng kế hoạch IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy)⁸, Năm 2011 tác giả T. Goetzfried và cộng sự đề xuất mô phỏng MC để thay thế phép đo thực nghiệm sử dụng film trong đánh giá kế hoạch IMRT⁹. Nhóm tác giả G. Asuni (2013) sử dụng MC để tính phân bố liều cho kế hoạch VMAT (Volumetric Arc Therapy) và DIMRT (Dynamic Intensity Modulated Radiation Therapy)¹⁰. Năm 2018 nhóm tác giả

O. Ryota và các cộng sự cũng công bố kết quả sử dụng mô phỏng MC để đánh giá kế hoạch điều trị VMAT sử dụng bộ chuẩn trực 160 lá¹¹. Gần đây nhất, Tài và cộng sự (2018) đã tính phân bố liều cho kỹ thuật điều biến cường độ chỉ sử dụng các ngàm chuyển động độc lập và đánh giá việc áp dụng kỹ thuật JO-IMRT (Jaws Only Intensity Modulated Radiation Therapy) bằng MC¹². Như vậy có thể thấy rằng, trong các công bố trước đây thì việc tính phân bố liều phương pháp MC chỉ được chú trọng cho các kỹ thuật hiện đại như IMRT, DIMRT, VMAT,... mà chưa chú trọng tới kỹ thuật 3D-CRT.

Do đó, mục đích của nghiên cứu này là sử dụng phương pháp mô phỏng MC để đánh giá tính chính xác liều của kế hoạch 3D-CRT trên phần mềm lập kế hoạch điều trị Prowess Panther tại Bệnh viện Đa khoa Đồng Nai cho bệnh nhân ung thư vòm họng.

PHƯƠNG PHÁP

Hình 2 trình bày sơ đồ các bước thực hiện việc đánh giá kế hoạch 3D-CRT trên hệ thống lập kế hoạch điều trị Prowess Panther bằng phương pháp mô phỏng MC.

Đầu tiên, chúng tôi thực hiện tính toán trên phần mềm Prowess Panther và mô phỏng bằng phần mềm DOSXYZnrc cho các trường hợp đơn giản trên phantom đầu mặt cổ (nhà cung cấp Prowess, Mỹ) được làm bằng vật liệu acrylic có tỷ trọng 1,1 g/cm³ để kiểm tra tính chính xác của mô hình mô phỏng trước khi tiến hành cho trường hợp thực tế.

Sau đó, phân bố liều của kế hoạch điều trị 3D-CRT cho một bệnh nhân ung thư vòm được tính toán lại bằng phương pháp mô phỏng MC để đánh giá độ chính xác của phần mềm lập kế hoạch Prowess Panther.

Kế hoạch xạ trị 3D-CRT

Kế hoạch 3D-CRT cho phantom đầu cổ và bệnh nhân ung thư vòm họng được thực hiện trên hệ thống phần mềm lập kế hoạch xạ trị Prowess Panther phiên bản 5.4 (nhà cung cấp Prowess, Mỹ).

Kế hoạch 3D-CRT sử dụng 2 trường chiếu photon đối song: 0⁰, 90⁰ với mức năng lượng 6 MV phát ra từ máy gia tốc Primus M5497 (Hãng Siemens, Đức). Tọa độ tâm của trường chiếu trùng với tâm của phantom đối với trường hợp phantom, trùng với tâm của khối u trong trường hợp bệnh nhân. Khoảng cách từ nguồn tới tâm trường chiếu bằng 100 cm; kích thước trường chiếu 10 x10 cm². Các thông số này được khai báo lại cho quá trình mô phỏng MC.

Tương quan tọa độ giữa TPS và Monte Carlo

Việc chuyển đổi hệ trục tọa độ từ phần mềm lập kế hoạch sang mô phỏng MC là một bài toán phức tạp và được thực hiện bởi nhiều nhóm nghiên cứu khác nhau¹³⁻¹⁵.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng mối liên hệ giữa tọa độ (**Hình 4**) TPS và MC của tác giả L. Zhan và cộng sự, được diễn tả như sau¹⁶:

Sẽ có:

$$x_{MC} = x_{TPS}$$

$$y_{MC} = -z_{TPS}$$

$$z_{MC} = y_{TPS}$$

Các thông số cần khai báo trong mô phỏng MC gồm: θ , φ , \varnothing_{col} và được tính toán như sau:

- Góc θ là góc hợp bởi trục +Z và trục trung tâm của chùm tia, phạm vi θ [0⁰, 180⁰].

$$\theta = \cos^{-1}(-Z) = \cos^{-1}(-\sin\theta_T \sin\theta_G) \quad (1)$$

- Góc phương vị φ được xác định dựa trên quy tắc bàn tay phải, giữa trục +X và phép chiếu của trục trung tâm chùm tia trên mặt phẳng XY; có giới hạn [0⁰, 360⁰].

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{-Y}{-X}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-\cos\theta_G}{\cos\theta_T \sin\theta_G}\right) \quad (2)$$

- Góc \varnothing mô tả phép quay chùm tia về trục trung tâm của nó, chiều quay ngược chiều kim đồng hồ.

$$\varnothing_{beam}^{col} = \pi - \varnothing_{col} = \frac{3\pi}{2} - \theta_C - \tan^{-1}\left(\frac{-\sin\theta_T \cos\theta_G}{\cos\theta_T}\right) \quad (3)$$

Trong đó: các giá trị của θ_C , θ_T , θ_G là dữ liệu góc từ TPS.

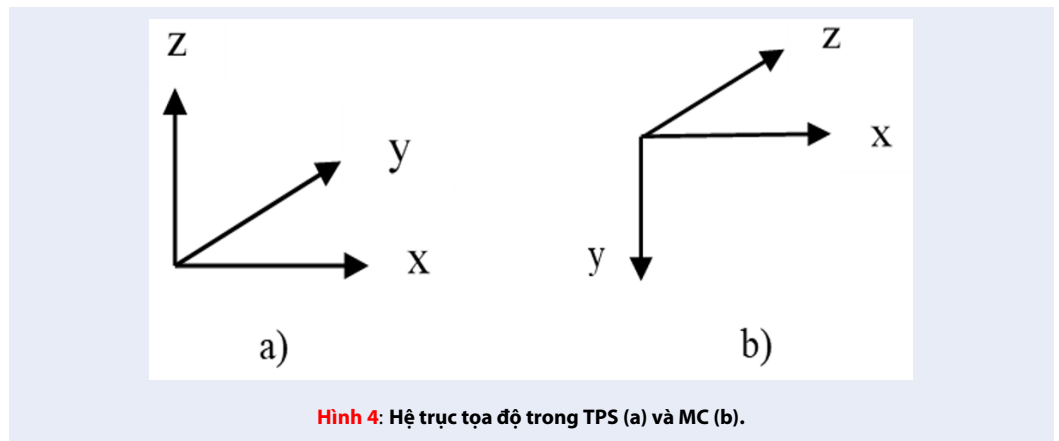
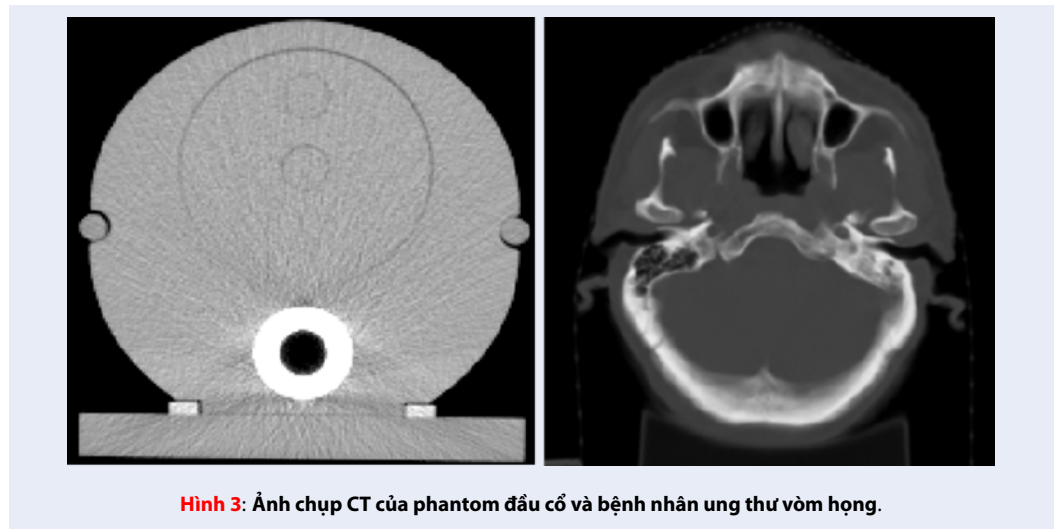
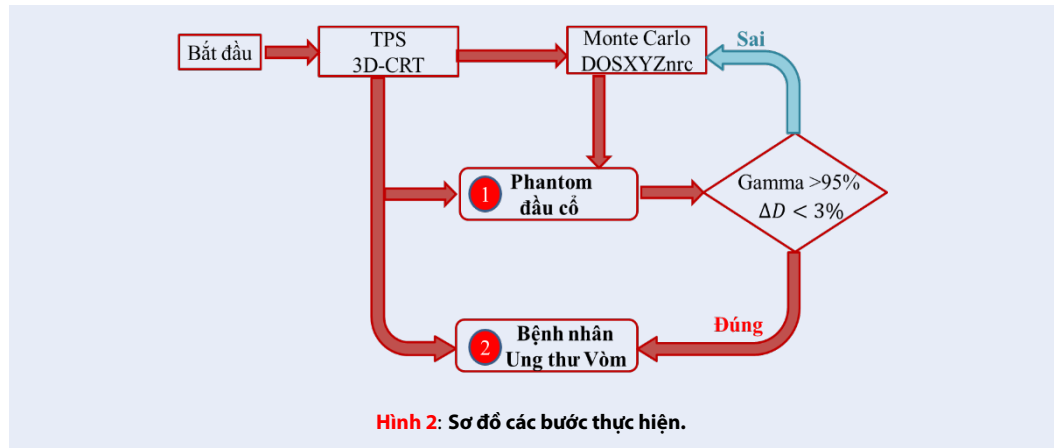
θ_C : Góc collimator.

θ_T : Góc quay của bàn bệnh nhân.

θ_G : Góc quay của đầu máy gia tốc (góc gantry) với $\theta_G = 0^0$ đầu máy gia tốc hướng thẳng đứng.

Mô phỏng Monte Carlo

Chương trình EGSnrc (Electron Gamma Shower) áp dụng phương pháp MC để mô phỏng các quá trình vận chuyển của các hạt electron, photon,... trong môi trường vật chất với hình học tùy ý. EGSnrc với hai phần mềm là BEAMnrc để mô phỏng đầu máy gia tốc, DOSXYZnrc để thực hiện tính phân bố liều.



Mô phỏng máy gia tốc bằng phần mềm BEAMnrc

Phần mềm BEAMnrc được sử dụng để mô phỏng cho máy gia tốc phát photon năng lượng 6 MV của Bệnh viện. Tất cả các thành phần vật liệu, kích thước của cửa sổ thoát, bia, ống chuẩn trực, bộ lọc phẳng, buồng ion hóa, gương và ngàm được mô phỏng bằng phần mềm BEAMnrc theo các thông số được cung cấp từ nhà sản xuất, như trong công trình công bố trước đó¹⁷. Kết quả mô phỏng BEAMnrc 2D và 3D được trình bày trong Hình 5:

Thông số mô phỏng gồm ECUT (electron cutoff energy) = 0,70 MeV cho electron và PCUT (photon cutoff energy) = 0,01 MeV cho photon. Nguồn số 19 trong thư viện của phần mềm BEAMnrc¹⁸ được sử dụng trong mô phỏng BEAMnrc năng lượng trung bình là 6,04 MeV và bề rộng một nửa (full width at half maximum, FWHM) là 1,2 mm¹⁷. Số lịch sử hạt chạy cho BEAMnrc: $N = 2 \times 10^9$ hạt.

Tính phân bố liều bằng phần mềm DOSXYZnrc

DOSXYZnrc được dùng để tính liều hấp thụ 3D, nó mô tả vận chuyển của photon và electron trong các ô voxel với kích thước theo ba hướng và mật độ các ô khác nhau trong phantom hoặc trên hình ảnh CT. Hình ảnh CT của phantom đầu cổ và bệnh nhân ung thư vòm (Hình 3) được chụp cắt lớp từ máy CT-Scanner (Somatom spirit, Siemens) với thể tích 1 ô voxel là 3 cm x 3 cm x 3 cm. Kế hoạch được thực hiện trên DOSXYZnrc với các tương quan tọa độ giữa MC và DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) đã nêu ở mục Tương quan tọa độ giữa TPS và Monte Carlo. Chúng tôi sử dụng nguồn số 8 trong thư viện của DOSXYZnrc¹⁹ với các thông số ECUT = 0,70 MeV, PCUT = 0,01 MeV và số lịch sử hạt chạy cho DOSXYZnrc: $N = 2 \times 10^9$ hạt. Kết quả tính liều của DOSXYZnrc chính là cơ sở để đánh giá tính chính xác liều của kế hoạch 3D-CRT từ TPS.

Phương pháp đánh giá

Để so sánh kết quả mô phỏng MC và tính liều của kế hoạch 3D-CRT từ TPS chúng tôi dựa trên phân bố liều trên từng lát cắt CT, biểu đồ liều lượng thể tích DVH trên CERR (Computational Environment for Radiological Research)²⁰ và sử dụng chỉ số Gamma bằng chương trình Verisoft (PTW).

KẾT QUẢ - THẢO LUẬN

Đánh giá và so sánh trên phantom đầu cổ

Kết quả so sánh trực quan bằng lát cắt trên phantom đầu cổ giữa TPS và EGS tại mặt cắt thứ 59/117 đi qua tâm đầu dò được trình bày trong Hình 6.

Hình 6 cho thấy sự phù hợp tốt giữa mô phỏng MC và phần mềm lập kế hoạch Prowess Panther TPS. Kết quả đánh giá chỉ số Gamma 3D tiêu chí 3%/3 mm (Hình 7) cho thấy: Chỉ số phù hợp Gamma toàn cầu với tiêu chí 3%/3 mm là 92,8%. Từ kết quả đánh giá chỉ số Gamma với trường hợp phantom đầu cổ một lần nữa xác định được sự phù hợp về kết quả giữa chương trình mô phỏng EGSnrc với phần mềm lập kế hoạch Prowess Panther đang sử dụng tại Bệnh viện Đa Khoa Đồng Nai. Việc này cũng chứng tỏ mức độ áp dụng của mô phỏng EGSnrc cho kết quả chính xác cao.

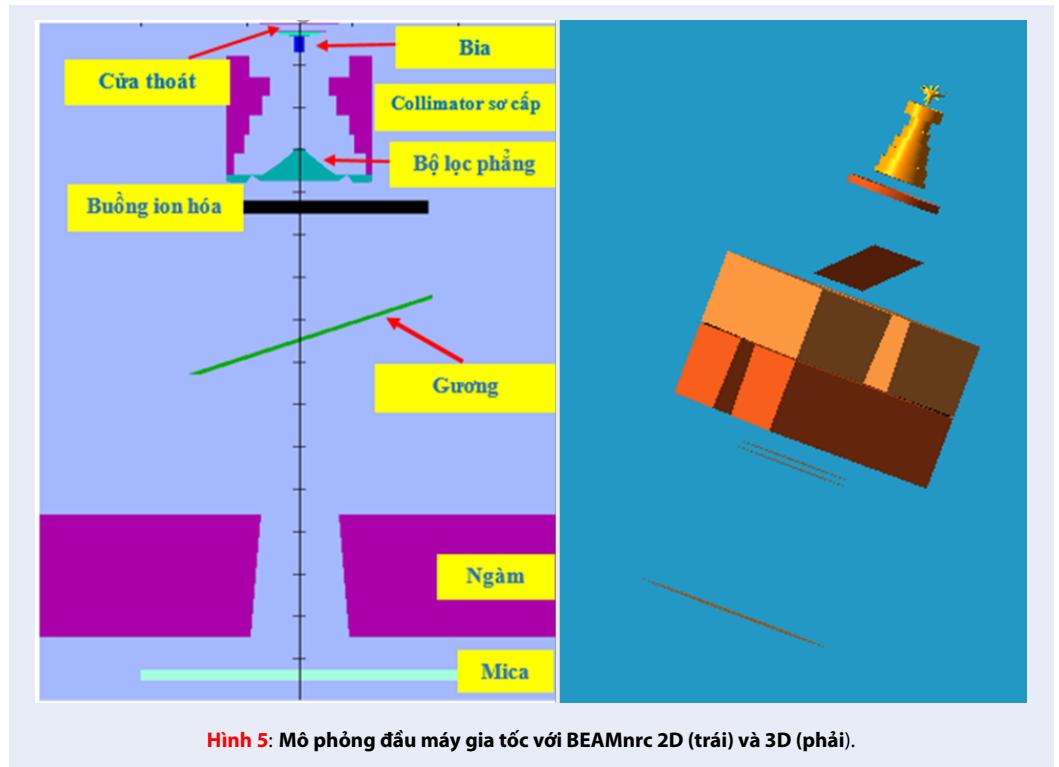
Đánh giá và so sánh trên bệnh nhân ung thư vòm họng

Một trường hợp điều trị bằng kế hoạch 3D-CRT cho bệnh nhân ung thư vòm họng được chọn để tính toán và mô phỏng MC được tính toán lại. Phân bố liều trên lát cắt CT trên bệnh nhân ung thư vòm họng và biểu đồ khối lượng liều là các công cụ để đánh giá giá trị của kế hoạch điều trị.

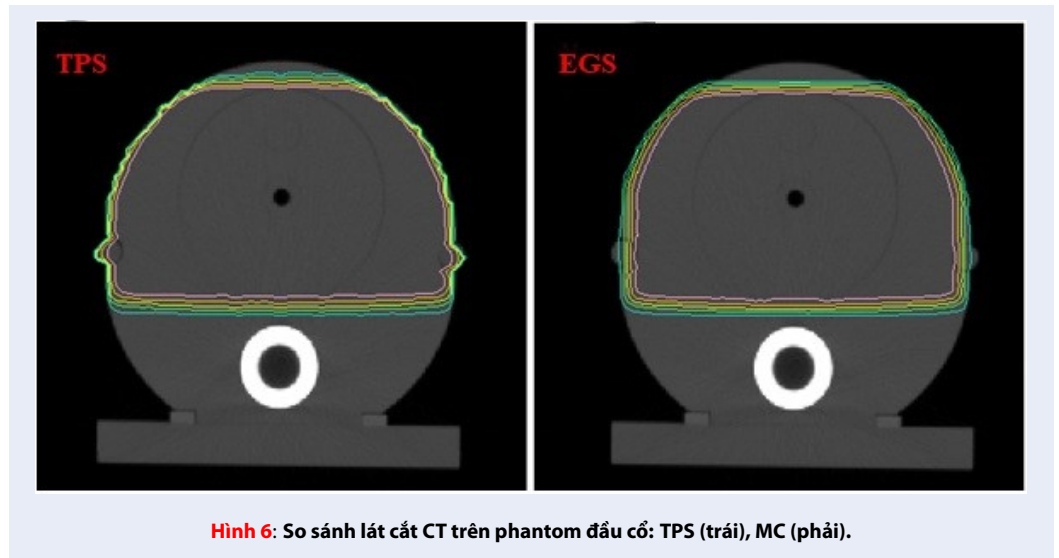
So sánh phân bố liều trên lát cắt CT (Hình 8) cho thấy đường đồng liều 95–100% bao phủ hết khối u và có sự tương đồng về đường đồng liều ở kế hoạch xạ trị 3D-CRT từ TPS và mô phỏng MC. Tuy nhiên, việc đánh giá trực quan như thế là chưa đủ và chưa chính xác vì thế chúng tôi sử dụng biểu đồ DVH trong đánh giá tiếp theo.

Biểu đồ DVH chứa đựng rất nhiều thông tin của kế hoạch xạ trị. Thông qua DVH có thể biết được liều đến khối u và cơ quan là bao nhiêu. Hình 9 là biểu đồ liều lượng - thể tích của một bệnh nhân mà chúng tôi đã khảo sát. Nó cho thấy liều đến PTV là tương đương nhau ở hai kế hoạch TPS và EGS, 95% thể tích PTV đã nhận được 95% liều chỉ định và không có vị trí nào trong khối u vượt quá 110% liều chỉ định. Liều đến thân não và tủy sống đều ở trong giới hạn liều lượng cho phép. Đối với tuyến mang tai, kế hoạch từ TPS nhận liều lớn hơn từ EGS. Bảng 1 cho thấy chi tiết hơn về các so sánh này.

Liều hấp thụ tại PTV giữa MC và kế hoạch 3D-CRT từ TPS sai khác nhỏ 0,97%, liều tại tuyến mang tai và tủy sống của TPS lớn hơn so với MC. Sai khác của liều đến tủy sống giữa TPS và EGS là 0,47%. Trong khi đó, sai khác của liều đến tủy sống giữa TPS và EGS là 11,53%. Điều này có thể giải thích là thuật toán trong phần mềm Prowess Panther chưa mô tả chính xác sự tán xạ của electron từ xương như là phương pháp mô phỏng Monte Carlo.



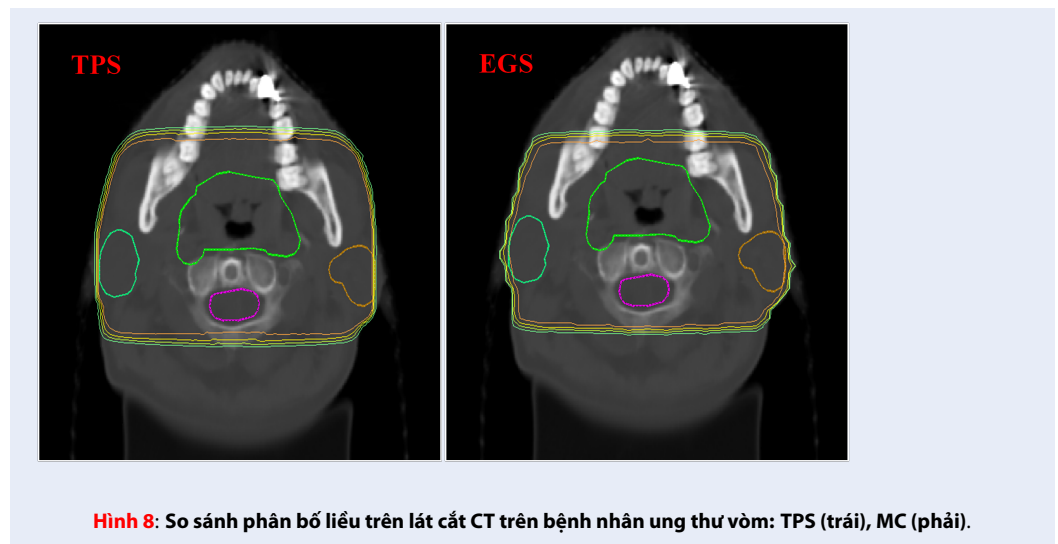
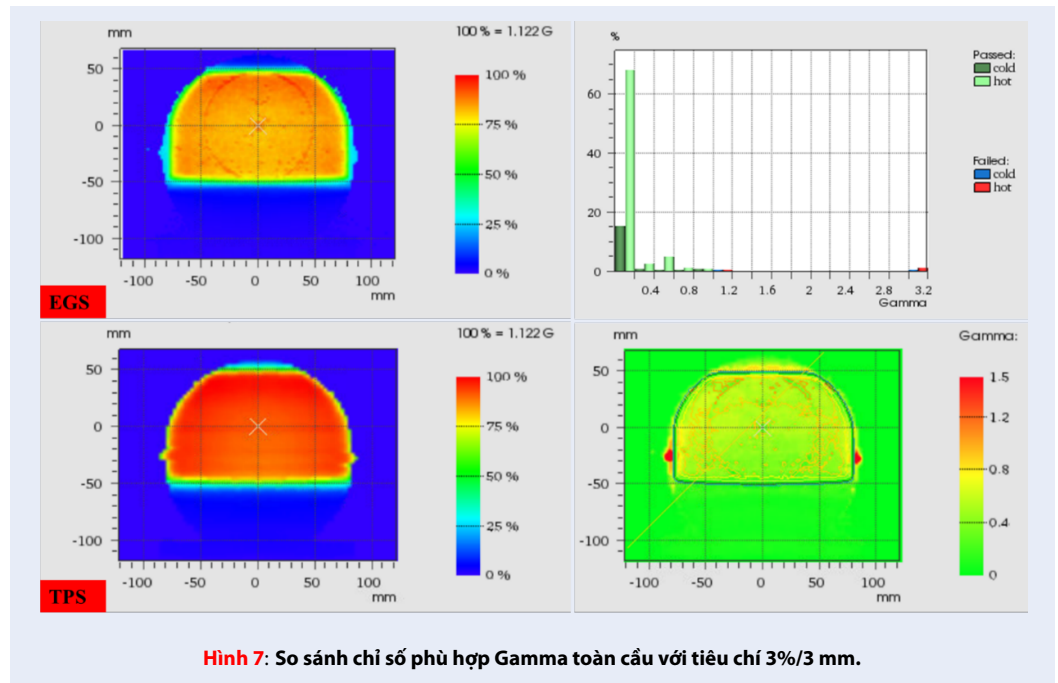
Hình 5: Mô phỏng đầu máy gia tốc với BEAMnrc 2D (trái) và 3D (phải).



Hình 6: So sánh lát cắt CT trên phantom đầu cổ: TPS (trái), MC (phải).

Bảng 1: Kết quả liều hấp thụ giữa TPS và mô phỏng MC tại PTV và cơ quan lành

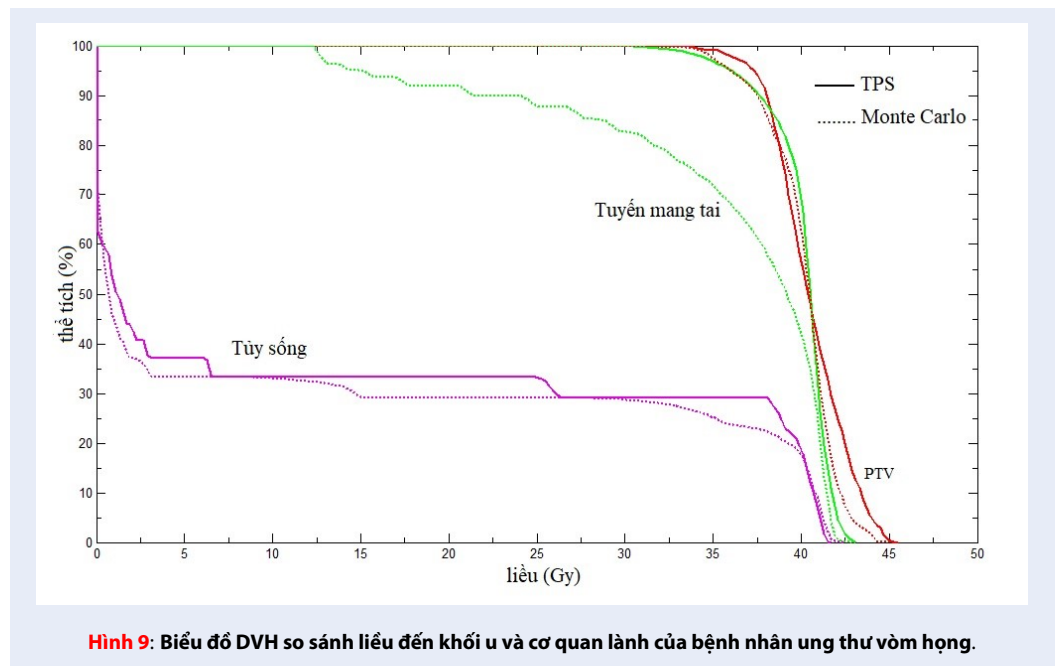
	TPS (Gy)	Monte Carlo (Gy)	Sai khác (%)
PTV	40,61	40,22	0,97
Tuyến mang tai	39,66	35,56	11,53
Tủy sống	43,10	42,90	0,47



KẾT LUẬN

Với mục tiêu đánh giá tính chính xác liều của kế hoạch điều trị thích ứng ba chiều (3D-CRT) trên phần mềm lập kế hoạch điều trị Prowess Panther (TPS) bằng phương pháp mô phỏng Monte Carlo, chúng tôi đã xác định được sự tương quan tọa độ giữa TPS và EGS và áp dụng để thực hiện mô phỏng trên EGS. Tìm hiểu và áp dụng phần mềm PTW-Verisoft trong việc so sánh chỉ số gamma giữa hai phân bố liều trên hai phần mềm lập kế hoạch, từ đó tính toán phân bố liều trên hình ảnh CT cho các trường hợp từ phantom đầu

cổ và hình ảnh CT cho một bệnh nhân ung thư vòm bằng phần mềm DOSXYZnrc. Kết quả thu được sử dụng làm cơ sở để đánh giá tính chính xác liều của phần mềm lập kế hoạch Prowess Panther. Các kết quả phân bố liều của TPS và EGS có sự phù hợp cao. Đối với sự phân bố liều trên hình ảnh CT của bệnh nhân có sự sai khác nhỏ, sự sai khác này có nhiều nguyên nhân, chủ yếu là những nguyên nhân chủ quan do sai sót trong quá trình mô phỏng. Nhìn chung, phân bố liều của kế hoạch 3D-CRT tính được từ phần mềm Prowess Panther cho bệnh nhân ung thư vòm họng phù hợp tốt với phân bố liều tính từ MC.



Hình 9: Biểu đồ DVH so sánh liều đến khối u và cơ quan lành của bệnh nhân ung thư vòm họng.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

3D-CRT: Kế hoạch điều trị thích ứng ba chiều (Three Dimensional Conformal Radiation Therapy)

TPS: Hệ thống lập kế hoạch điều trị (Treatment Planning System)

MC: Mô phỏng Monte Carlo

DVH: Biểu đồ liều lượng thể tích (Dose-volume histogram)

PTV: Liều hấp thụ tại thể tích bia lập kế hoạch (Planning Target Volume)

GLOBOCAN: Tổ chức ung thư toàn cầu (Global Cancer)

AAPM: Hiệp hội vật lý Y khoa Hoa Kỳ (American Association of Physicists in Medicine)

IAEA: Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (International Atomic Energy Agency)

ICRU: Ủy ban Quốc tế về đơn vị và đo lường bức xạ (International Commission on Radiation Units and Measurements)

QA: Kiểm tra chất lượng (Quality Assurance)

TLD: Liều kế nhiệt phát quang (Thermoluminescence Dosimetry)

QA-2D: Kiểm tra liều phân bố theo không gian hai chiều (Two Dimension)

QA-3D: Kiểm tra liều phân bố theo không gian ba chiều (Three Dimension)

QA-4D: Kiểm tra liều phân bố theo không gian bốn chiều (Four Dimension)

CT: Chụp cắt lớp vi tính (Computer Tomography)

IMRT: Điều biến cường độ liều (Intensity Modulated Radiation Therapy)

VMAT: Xạ trị điều biến thể tích (Volumetric Modulated Arc Therapy)

DIMRT: Dynamic Intensity Modulated Radiation Therapy

JO-IMRT: Điều biến cường độ sử dụng các ngăn chuyển động độc lập (Jaws Only Intensity Modulated Radiation Therapy)

EGSnrc: Electron Gamma Shower

FWHM: Bề rộng một nửa (Full width at half maximum)

ECUT: Năng lượng ngưỡng electron (Electron cutoff energy)

PCUT: Năng lượng ngưỡng photon (Photon cutoff energy)

DICOM: Hình ảnh kỹ thuật số và thông tin trong y học (Digital Imaging and Communications in Medicine)

CERR: Computational Environment for Radiological Research

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả tuyên bố rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Dương Thanh Tài: lên ý tưởng và đề cương nghiên cứu, thực hiện mô phỏng, xử lý số liệu, soạn bản thảo, liên hệ.

Lương Thị Oanh: thực hiện mô phỏng, xử lý số liệu, hình ảnh, soạn bản thảo.

Hoàng Đức Tuấn: xử lý số liệu, hình ảnh.

Trương Thị Hồng Loan: soạn bản thảo và hoàn thiện bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(6):394–424. PMID: 30207593. Available from: [10.3322/caac.21492](https://doi.org/10.3322/caac.21492).
2. Fraass B, Doppke K, Hunt M, Kutcher G, Starkschall G, Stern R, et al. American Association of Physicists in Medicine Radiation Therapy Committee Task Group 53: quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning. *Med Phys.* 1998;25(10):1773–829. PMID: 9800687. Available from: [10.1118/1.598373](https://doi.org/10.1118/1.598373).
3. Agency IAE. Commissioning and quality assurance of computerized planning systems for radiation treatment of cancer; 2004.
4. Seco J, Verhaegen F. *Monte Carlo Techniques in Radiation Therapy.* CRC press; 2013. p. 145–152.
5. Tai DT, Son ND, Loan TT, Anson HP. Quality assurance of the jaws only-intensity modulated radiation therapy plans for head-and-neck cancer. *Phys Med.* 2017;38:148–52. PMID: 28571708. Available from: [10.1016/j.ejmp.2017.05.059](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.05.059).
6. Tang F, Sham J, Ma CM, Li JS. Monte Carlo-based QA for IMRT of head and neck cancers. *J Phys Conf Ser.* 2007;74:021021. Available from: [10.1088/1742-6596/74/1/021021](https://doi.org/10.1088/1742-6596/74/1/021021).
7. Wieslander E. Verification of dose calculation algorithms in treatment planning systems for external radiation therapy: a Monte Carlo approach. Sweden; 2006.
8. Schoenenberg D, Rickhey M, Dobler B, Goetzfried T, Bogner L. Verification of head & neck IMRT-plans by Monte Carlo simulation. *IFMBE Proc.* 2009;25(1):608–11. Available from: [10.1007/978-3-642-03474-9_171](https://doi.org/10.1007/978-3-642-03474-9_171).
9. Goetzfried T, Rickhey M, Treutwein M, Koelbl O, Bogner L. Monte Carlo simulations to replace film dosimetry in IMRT verification. *Z Med Phys.* 2011;21(1):19–25. PMID: 20888202. Available from: [10.1016/j.zemedi.2010.05.002](https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2010.05.002).
10. Asuni G, Beek TV, Venkataraman S, Popescu I, McCurdy BM. A Monte Carlo tool for evaluating VMAT and DIMRT treatment deliveries including planar detectors. *Physics in Medicine & Biology.* 2013; Available from: [10.1088/0031-9155/58/11/3535](https://doi.org/10.1088/0031-9155/58/11/3535).
11. Onizuka R, Araki F, Ohno T. Monte Carlo dose verification of VMAT treatment plans using Elekta Agility 160-leaf MLC. *Phys Med.* 2018;51:22–31. PMID: 30278982. Available from: [10.1016/j.ejmp.2018.06.003](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.06.003).
12. Tai DT, Oanh LT, Son ND, Loan TT, Chow JC. Dosimetric and Monte Carlo verification of jaws-only IMRT plans calculated by the Collapsed Cone Convolution algorithm for head and neck cancers. *Rep Pract Oncol Radiother.* 2019;24(1):105–14. PMID: 30532658. Available from: [10.1016/j.rpor.2018.11.004](https://doi.org/10.1016/j.rpor.2018.11.004).
13. Thebaut J, Zavgorodni S. Coordinate transformations for BEAM/EGSnrc Monte Carlo dose calculations of non-coplanar fields received from a DICOM-compliant treatment planning system. *Phys Med Biol.* 2006;51(23):441–9. PMID: 17110762. Available from: [10.1088/0031-9155/51/23/N06](https://doi.org/10.1088/0031-9155/51/23/N06).
14. Schmitz RM, Telfer O, Townson RW, Zavgorodni S. Generalized coordinate transformations for Monte Carlo (DOSXYZnrc and VMC++) verifications of DICOM compatible radiotherapy treatment plans. *Med Phys.* 2014;41:1–14.
15. Bose S, Shukla H, Maltz J. Beam-centric algorithm for pretreatment patient position correction in external beam radiation therapy. *Med Phys.* 2010;37(5):2004–16. PMID: 20527534. Available from: [10.1118/1.3327457](https://doi.org/10.1118/1.3327457).
16. Zhan L, Jiang R, Osei EK. Beam coordinate transformations from DICOM to DOSXYZnrc. *Phys Med Biol.* 2012;57(24):513–23. PMID: 23175216. Available from: [10.1088/0031-9155/57/24/N513](https://doi.org/10.1088/0031-9155/57/24/N513).
17. Tai DT, Son ND, Loan TTH, Tuan HD. A method for determination of parameters of the initial electron beam hitting the target in linac. *Journal of Physics: Conference Series.* 2017; Available from: [10.1088/1742-6596/851/1/012032](https://doi.org/10.1088/1742-6596/851/1/012032).
18. Rogers DWO, Walters B, Kawrakow I. *BEAMnrc Users Manual;* 2005.
19. Walters B, Kawrakow I, Rogers DW. *DOSXYZnrc User's Manual.* PIRS; 2004.
20. Deasy JO, Blanco AI, Clark VH. CERR: a computational environment for radiotherapy research. *Med Phys.* 2003;30(5):979–85. PMID: 12773007. Available from: [10.1118/1.1568978](https://doi.org/10.1118/1.1568978).

Verifying the accuracy of 3D-CRT dose distributions calculated by the Prowess Panther treatment planning system (TPS) with Monte Carlo (MC) simulation for head-and-neck (H&N) patients

Lương Thi Oanh^{1,2}, Duong Thanh Tai^{2,3,*}, Hoang Duc Tuan^{1,2}, Truong Thi Hong Loan²

ABSTRACT

The purpose of this study is to verify and compare the three Dimensional Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) dose distributions calculated by the Prowess Panther treatment planning system (TPS) with Monte Carlo (MC) simulation for head-and-neck (H&N) patients. In this study, we used the EGSnrc Monte Carlo code which includes BEAMnrc and DOSXYZnrc programs. Firstly, the clinical 6 MV photon beams from Siemens Primus linear accelerator at Dong Nai General Hospital were simulated using the BEAMnrc. Secondly, the absorbed dose to patients treated by 3D-CRT was computed using the DOSXYZnrc. Finally, the simulated dose distributions were then compared with the ones calculated by the Fast Photon Effective algorithm on the TPS, using the relative dose error comparison and the gamma index using global methods implemented in PTW-VeriSoft with 3%/3 mm. There is a good agreement between the MC and TPS dose. The average gamma passing rates were 92.8% based on the 3%/3 mm. The average dose in the PTV agreed well between the TPS with 0.97% error. MC predict dose was higher than the mean dose to the parotid glands and spinal cord compared to TPS. We have implemented the EGSnrc-based Monte Carlo simulation to verify the 3D-CRT plans generated by Prowess Panther TPS. Our results showed that the TPS agreed with the one of MC.

Key words: Monte Carlo simulation, EGSnrc, 3D-CRT

¹Faculty of Medicine, Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh, Vietnam

²Faculty of Physics & Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM, Vietnam

³Department of Radiation Oncology, Dong Nai General Hospital, Bien Hoa, Vietnam

Correspondence

Duong Thanh Tai, Faculty of Physics & Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM, Vietnam

Department of Radiation Oncology, Dong Nai General Hospital, Bien Hoa, Vietnam

Email: thanhtai_phys@yahoo.com

History

- Received: 05-12-2018
- Accepted: 26-02-2019
- Published: 26-06-2019

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjns.v3i2.518>



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Oanh L T, Tai D T, Tuan H D, Loan T T H. **Verifying the accuracy of 3D-CRT dose distributions calculated by the Prowess Panther treatment planning system (TPS) with Monte Carlo (MC) simulation for head-and-neck (H&N) patients.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(2):90-99.