

KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH VÀ ỨNG DỤNG CHùm TIA KHÔNG LỌC PHẪNG (FFF) VÀO CÁC KỸ THUẬT 3D, IMRT, VMAT, SRS TRÊN MÁY TRUEBEAM TẠI BỆNH VIỆN UNG BƯỚU TP. HỒ CHÍ MINH

Nhóm tác giả: KS. Nguyễn Trung Hiếu, KS. Phan Quốc Uy, KS. Vũ Anh Duy, KS. Trương Hữu Thanh, KS. Võ Tấn Linh.

Người báo cáo: KS. Trương Hữu Thanh

Khoa Kỹ thuật Phóng xạ - Bv. Ung Bướu TP. HCM.

Địa chỉ: 3 Nơ Trang Long, Phường 7, Bình Thạnh, TP. HCM

Tóm tắt:

1. Giới thiệu:

Hiện tại, bệnh viện Ung Bướu Thành phố Hồ Chí Minh đã đưa vào hoạt động hai máy xạ trị TrueBeam là dòng máy mới, hiện đại được sản xuất bởi Varian Medical Systems (Palo Alto, CA, Mỹ). Máy gia tốc tuyến tính TrueBeam đáp ứng đầy đủ các yêu cầu cho các kỹ thuật xạ trị tiên tiến như xạ trị điều biến liều (Intensity modulated radiotherapy-IMRT), xạ trị dưới sự hướng dẫn hình ảnh (Image guided radiotherapy-IGRT), xạ trị vòng cung (Volumetric Modulated Arc Therapy-VMAT), kỹ thuật xạ trị lập thể định vị thân (Stereotactic body radiotherapy-SBRT), xạ phẫu (Stereotactic radiosurgery-SRS). Để đảm bảo cho việc đưa thiết bị mới vào điều trị cho bệnh nhân, việc tìm hiểu kỹ các vấn đề kỹ thuật và xây dựng các quy trình chuẩn cần được đặt lên hàng đầu.

Báo cáo này trình bày kết quả tìm hiểu, khảo sát đặc tính chùm tia không lọc phẳng (Flattening filter free-FFF) của máy TrueBeam tại Bệnh viện Ung Bướu Tp.HCM. Đồng thời khảo sát tính phù hợp và lợi ích của chùm tia FFF đối với các kỹ thuật 3D, IMRT, VMAT, SRS.

2. Phương pháp:

So sánh chùm tia lọc phẳng (Flattening filter-FF) với chùm tia không lọc phẳng (FFF) về đặc tính chùm tia để làm rõ sự khác nhau của hai chùm tia. Dữ liệu phân tích được lấy từ kết quả thu thập dữ liệu chùm tia cho hệ thống lập kế hoạch điều trị.

Lập hai kế hoạch điều trị cho các ca lâm sàng sử dụng 2 chùm tia FF và FFF đối với từng kỹ thuật 3D, IMRT, VMAT, SRS với các thông số như nhau trong việc tối ưu hóa liều lượng. Sau khi đánh giá phân bố liều trên khối u và trên cơ quan lành, nhận xét ưu khuyết điểm của chùm tia FFF và FF trong từng kỹ thuật. Từ đó, định hướng kỹ thuật sử dụng chùm tia FFF.

3. Kết luận

Chùm tia FFF có phổ năng lượng mềm hơn, do đó cho liều bề mặt cao hơn chùm tia FF. Bên cạnh đó cường độ chùm tia FFF tập trung nhiều ở tâm, giảm dần về biên trường chiếu, liều bên ngoài trường chiếu giảm do tán xạ đầu máy giảm. Suất liều tăng cao là một ưu thế của chùm tia FFF trong việc giảm thời gian phát tia xạ trị cho bệnh nhân.

Chùm tia FFF không phù hợp với kỹ thuật 3D sử dụng các trường chiếu cơ bản. Đối với kỹ thuật IMRT, VMAT, chùm tia FFF cho kết quả phân bố liều không quá nhiều khác biệt so với chùm tia FF. Đối với kỹ thuật SRS sử dụng cones (bộ phận định dạng chùm tia hình nón), chùm tia FFF thể hiện ưu thế về thời gian phát bức xạ nhờ có suất liều cao.

Từ Khóa: Truebeam, Chùm tia không lọc phẳng (FFF), xạ phẫu SRS

I. Đặc tính chùm tia không lọc phẳng FFF:

1. Suất liều

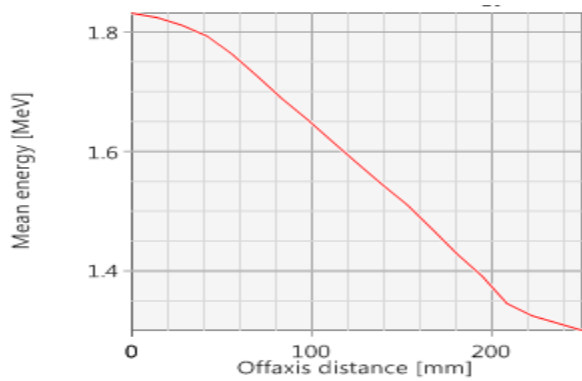
Trên máy TrueBeam, với cùng một cường độ chùm electron đập vào bia, việc loại bỏ bộ phận làm phẳng chùm tia đã nâng suất liều của chùm tia lên đáng kể.

Bảng 1. Suất liều máy gia tốc TrueBeam tại Bệnh viện Ung bướu TP. Hồ Chí Minh ứng với các chùm tia 6FF, 6FFF, 10FF, 10FFF

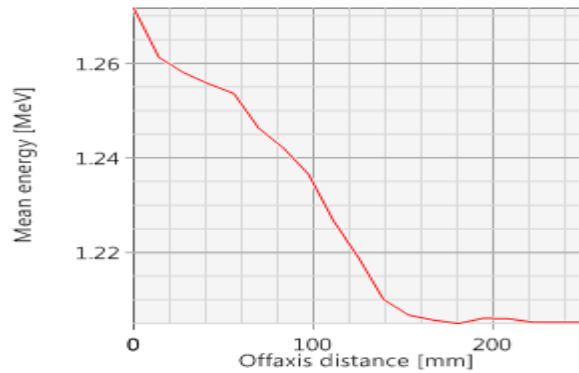
Chùm tia	Suất liều tương ứng (MU/phút)					
6MV WFF	100	200	300	400	500	600
6MV FFF	400	600	800	1000	1200	1400
10MV WFF	100	200	300	400	500	600
10MV FFF	400	800	1200	1600	2000	2400

2. Phổ năng lượng

Để loại bỏ electron nhiễm bẩn, một tấm đồng 0,8 mm được thay thế cho bộ phận làm phẳng chùm tia (làm bằng wolfram) trong chế độ FFF. Sự tán xạ và sự suy giảm cường độ và năng lượng chùm tia giảm đi. Do đó phổ năng lượng thay đổi. Năng lượng cực đại cao hơn, đặc biệt các tia năng lượng thấp có cường độ cao hơn đáng kể so với chùm tia FF. Do đó năng lượng trung bình của chùm tia thấp hơn.



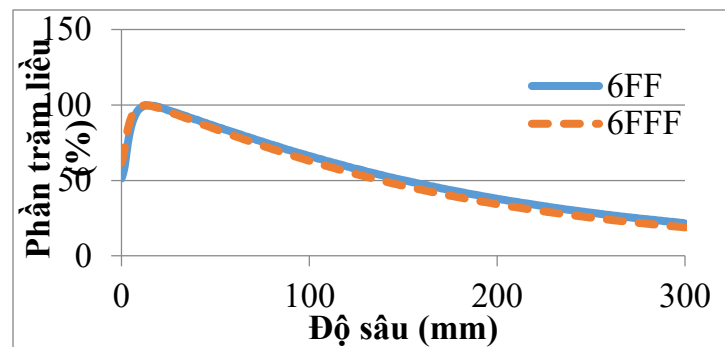
Hình 1. Năng lượng trung bình chùm tia 6FF từ tâm ra biên trường chiếu



Hình 2. Năng lượng trung bình chùm tia 6FFF từ tâm ra biên trường chiếu

3. Phần trăm liều theo độ sâu (PDD-Percentage Depth Dose)

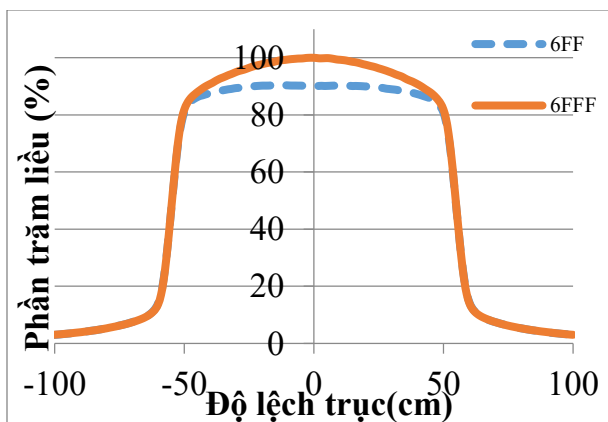
Do chùm tia FFF có phổ năng lượng mềm hơn chùm tia FF nên liều bề mặt cao hơn. Độ sâu đạt liều cực đại nông hơn khoảng 1 mm. Liều suy giảm nhanh hơn theo độ sâu sau điểm liều cực đại (d_{max}).



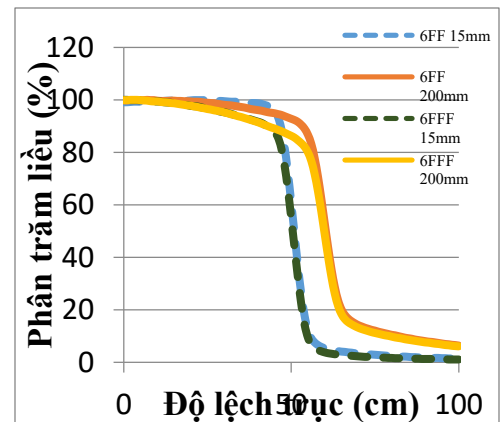
Hình 3. PPD của chùm tia 6FF và 6FFF, trường chiếu 10x10 cm

4. Profile

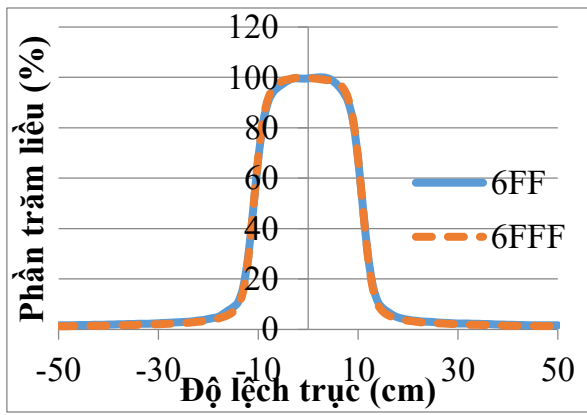
Đặc trưng của profile chùm tia FFF là liều cao ở tâm trường chiếu và thấp dần về hai biên và hình dạng ít phụ thuộc vào độ sâu. Đối với trường chiếu nhỏ, hình dạng profile của chùm tia FF và FFF gần giống nhau.



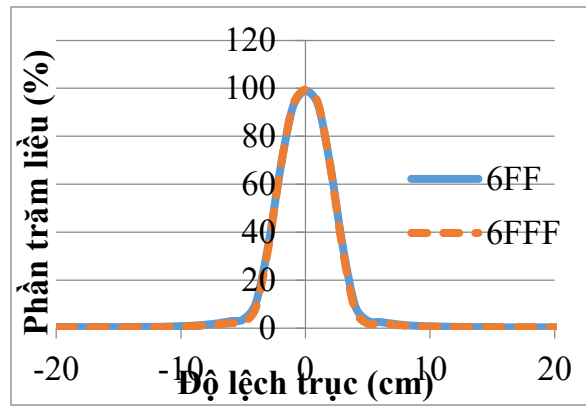
Hình 4. Profile của chùm tia 6FF và 6FFF, trường chiếu 10x10 cm



Hình 5. Hình dạng profile của chùm tia FFF ít phụ thuộc độ sâu



Hình 6. Profile của chùm tia 6FF và 6FFF, trường chiếu 2x2 cm



Hình 7. Profile của chùm tia 6FF và 6FFF, cone 5mm

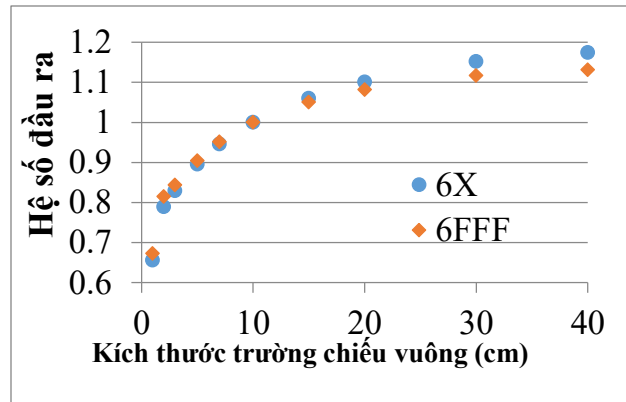
5. Hệ số đầu ra (Output factor)

Do tán xạ đầu máy giảm nên hệ số đầu ra của chùm tia FFF ít phụ thuộc vào kích thước trường chiếu so với chùm tia FF.

6. Hệ số truyền qua bộ chuẩn trực đa lá (Multileaf Collimators-MLC)

Hệ số truyền qua MLC của chùm tia FFF

thấp hơn chùm tia FF. Rò rỉ ít hơn do phổ năng lượng mềm hơn.



Hình 8. Hệ số đầu ra chùm tia 6FF và 6FFF

Bảng 2. Hệ số truyền qua MLC và DLG (Dosimetric Leaf Gap) của máy TrueBeam tại Bệnh viện Ung bướu TP. Hồ Chí Minh

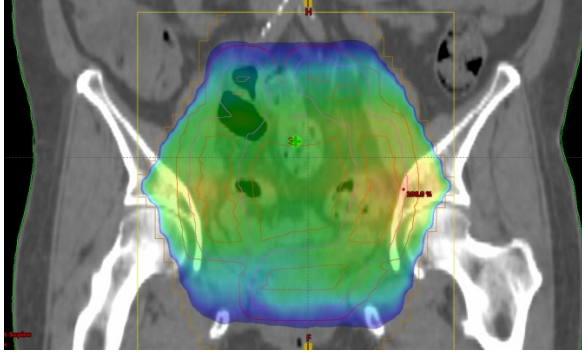
	6FF	6FFF
Hệ số truyền qua MLC	1,27%	1,07%
DLG	0,36 mm	0,26 mm

II. Vai trò, ý nghĩa của các chùm tia FFF đối với các kỹ thuật xạ trị 3D, IMRT, VMAT, SRS

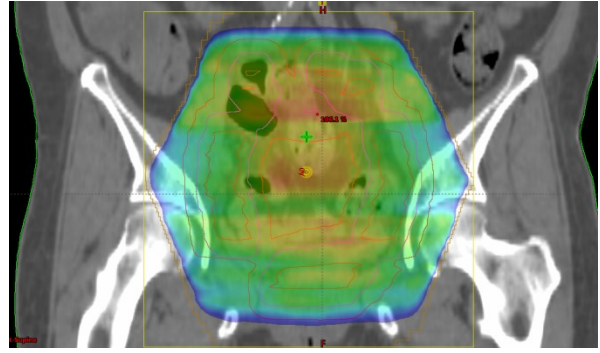
1. Kỹ thuật xạ trị 3D

Khảo sát các trường hợp trên mặt bệnh phụ khoa, đầu cổ và vú. Các trường hợp đều cho kết quả tương tự nhau. Dưới đây, báo cáo chỉ đưa ra trường hợp bệnh phụ khoa để đánh giá chi tiết.

Chùm tia 6FFF cho một phân bố liều không đồng nhất. Liều chỉ tập trung nhiều ở tâm trường chiếu. Với các trường 3D thông thường, không thể tạo phân bố liều phù hợp với thể tích xạ trị lớn. Do đó phải dùng kỹ thuật field in field với rất nhiều trường chiếu nhỏ bổ túc liều cho vùng xa tâm trường chiếu.



Hình 9. Phân bố liều chùm tia 6FF sử dụng 4 trường chiếu 3D



Hình 10. Phân bố liều chùm tia 6FFF sử dụng kỹ thuật field in field

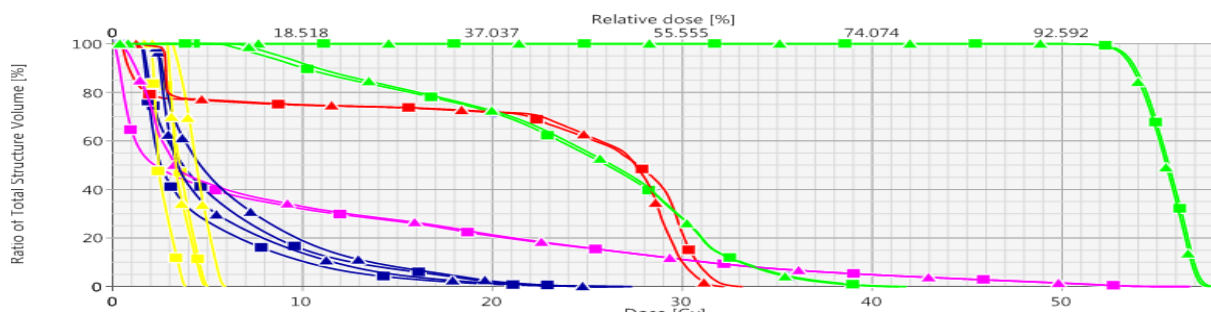
Kết quả cho thấy chùm tia FFF áp dụng cho kỹ thuật 3D phức tạp và tốn nhiều thời gian hơn để lập kế hoạch và phát tia điều trị mặc dù suất liều cao. Trong khi đó mức độ kiểm soát bước và bảo vệ cơ quan lành không có nhiều khác biệt với chùm tia FF.

Với kỹ thuật một tâm cho bệnh nhân vú, việc sử dụng chùm tia FFF hầu như không thể. Do đó, không nên sử dụng chùm tia FFF trong xạ trị kỹ thuật 3D.

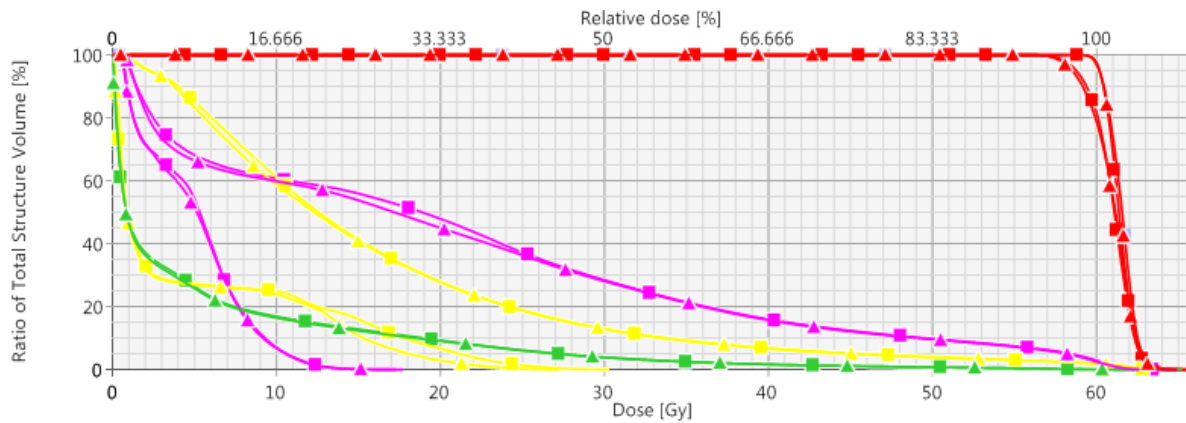
2. Kỹ thuật IMRT và VMAT

Dưới đây chỉ dẫn ra một trường hợp bệnh đầu cổ sử dụng kỹ thuật IMRT với liều 54Gy và một trường hợp bệnh phổi sử dụng kỹ thuật VMAT với liều 60 Gy.

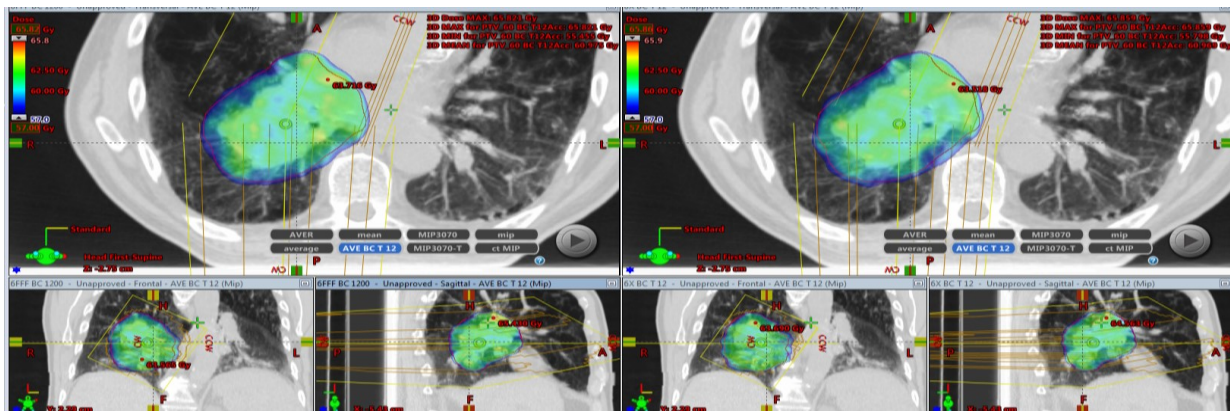
Nhìn chung các kế hoạch của hai chùm tia cho kết quả khác nhau không đáng kể về phân bố liều. Trong quá trình khảo sát, nhóm tác giả nhận thấy không có sự khác biệt rõ ràng trong việc sử dụng chùm tia FF và FFF cho các kỹ thuật IMRT, VMAT. Các trường hợp khối u nằm ngay tâm trường chiếu và cơ quan quý ở gần biên trường chiếu, chùm tia FFF cho kết quả bảo vệ cơ quan lành tốt hơn (liều mất ở ca đầu cổ, liều tùy sống ở ca phổi). Ngược lại, ở ca đầu cổ, tùy sống nằm ngay tâm xạ, kế hoạch FFF cho mức liều cao hơn. Do đó việc lựa chọn chùm tia trong từng trường hợp cần phù hợp. Nhìn chung, các kế hoạch với chùm tia FFF cho liều 5Gy trên mô lành (thể tích cơ thể trừ đi thể tích PTV) thấp hơn chùm tia FF. Hơn nữa, việc suất liều được nâng cao giúp thời gian phát tia xạ trị của chùm tia FFF ít hơn.



Hình 11. So sánh DVH của 2 kế hoạch IMRT trong trường hợp bệnh đầu cổ



Hình 12. So sánh DVH của 2 kế hoạch VMAT trong trường hợp bệnh phổi



Hình 13. So sánh DVH của 2 kế hoạch VMAT trong trường hợp bệnh phổi

Bảng 3. So sánh kết quả các kế hoạch IMRT cho bệnh đầu cổ và các kế hoạch VMAT cho bệnh phổi

		6FF IMRT	6FFF IMRT	6FF VMAT	6FFF VMAT
PTV	HI	0,081	0,084	0,082	0,089
	CI	0,831	0,821	0,839	0,852
Tủy sống	Dmax (Gy)	33,2	32,2	30,4	27,3
Phổi phải (trừ CTV)	V20Gy (%)			47,8	45,0
	Dmean (Gy)			20,8	20,3
Phổi trái	Dmean (Gy)			5,0	4,9
Tim	V30Gy (%)			12,9	12,8
	Dmean (Gy)			16,3	16,1
Thân não		41,4	41,8		

Mắt trái	Dmean (Gy)	6,5	5,7		
Mắt phải	Dmean (Gy)	5,4	4,4		
Thủy tinh thể trái	Dmax (Gy)	6,0	5,0		
Thủy tinh thể phải	Dmax (Gy)	4,9	3,9		
Mô lành (Thể tích cơ thể - PTV)	V5Gy (%)	42,4	40,6	26,3	25,7
	V30Gy (%)	11,1	11,2	3,8	3,9

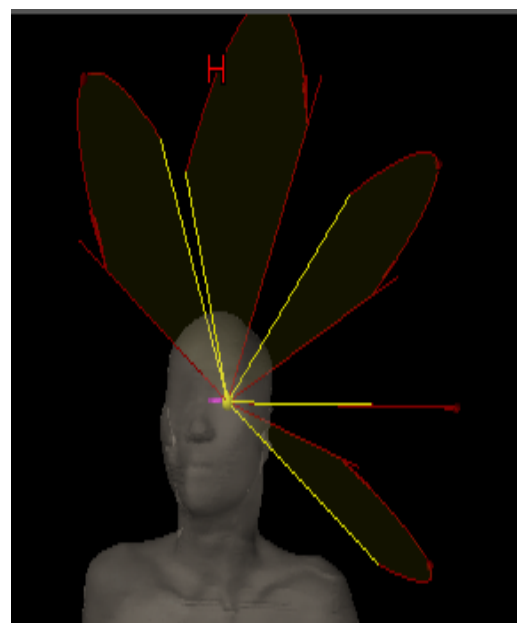
(Ở Bảng 3, Dmax, Dmean là liều lớn nhất và trung bình mà cơ quan nhận được; V5Gy (%), V20Gy (%), V30Gy (%) là thể tích cơ quan nhận liều 5Gy, 20Gy, 30Gy; chỉ số đồng nhất (homogeneity index_HI) = (D2% - D98%)/D50%; chỉ số phù hợp mô đích (conformity index_CI) = (V95%_{PTV})²/(V95%_{BODY} x V_{PTV}) (11,12). D2%, D50%, D98% là liều nhận được vào 2%, 50%, 98% thể tích PTV; V95%_{PTV} thể tích PTV được phủ bởi đường liều 95%, V95%_{BODY} thể tích đường liều 95%, V_{PTV} thể tích PTV.)

3. Kỹ thuật SRS sử dụng cones

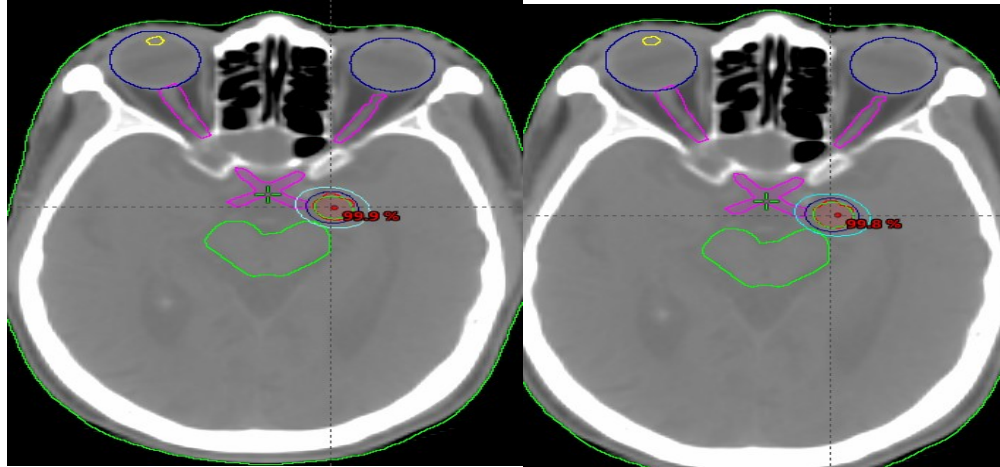
Kỹ thuật SRS thường được chỉ định với phân liều lớn. Do đó số MU lớn, thời gian phát tia dài. Đặc biệt với kỹ thuật sử dụng cones, suất liều không đổi trong quá trình phát tia nên thời gian phát tia phụ thuộc trực tiếp vào suất liều. Vì vậy chùm tia FFF với suất liều cao sẽ phù hợp hơn đối với kỹ thuật này.

Trong báo cáo này, nhóm tác giả tạo hai kế hoạch SRS sử dụng cones đơn giản cho một thể tích nhỏ giả định là khối u ở não trên CT bệnh nhân với độ dày lát cắt 1mm. Các thông số của hai kế hoạch là như nhau. Sử dụng kỹ thuật 1 tâm và 5 vòng cung (1 isocenter, 5 arcs), phân liều 18Gy/1 lần, giá trị tối ưu liều 80%... Nhìn chung, sự khác nhau về phân bố liều trên hai

kế hoạch không đáng kể. Kế hoạch với chùm tia FFF cho kết quả liều tập trung vào mô đích cao hơn và liều cơ quan lành lân cận thấp hơn.

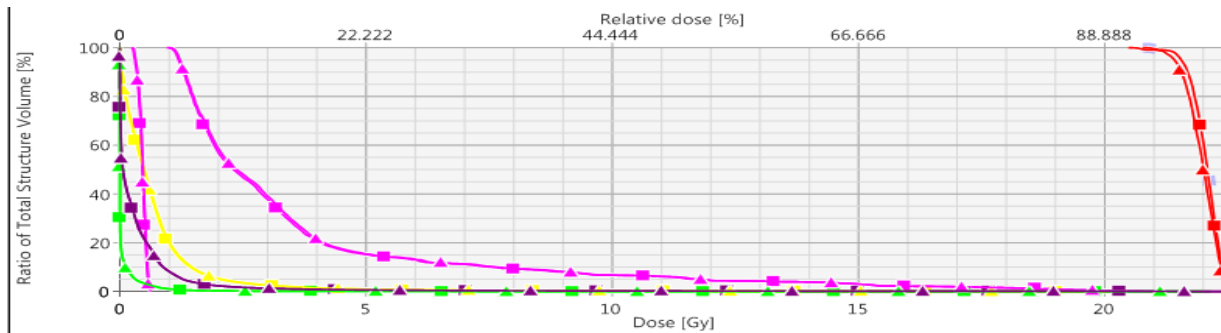


Hình 14. Trường chiếu kế hoạch sử dụng 1 tâm 5 vòng cung.



Hình 15. Phân bố liều trên kế hoạch SRS sử dụng cones với chùm tia 6FF

Hình 19. Phân bố liều trên kế hoạch SRS sử dụng cones với chùm tia 6FFF



Hình 16. So sánh DVH của 2 kế hoạch SRS sử dụng chùm tia 6FF và 6FFF

III. KẾT LUẬN

Chùm tia FFF các phổ năng lượng mềm hơn, do đó cho liều bề mặt cao hơn chùm tia FF. Bên cạnh đó cường độ chùm tia FFF tập trung nhiều ở tâm, giảm dần về biên trường chiếu, liều bên ngoài trường chiếu giảm do tán xạ đầu máy giảm. Suất liều tăng cao là một ưu thế của chùm tia FFF trong việc giảm thời gian phát tia xạ trị cho bệnh nhân. Đo liều cho chùm tia FFF cũng có một vài hiệu chỉnh so với chùm tia FF.

Chùm tia FFF không phù hợp với kỹ thuật 3D sử dụng các trường chiếu cơ bản. Đối với kỹ thuật IMRT, VMAT chùm tia FFF cho kết quả phân bố liều không quá nhiều khác biệt so với chùm tia FF. Đối với kỹ thuật SRS sử dụng cones, chùm tia FFF thể hiện ưu thế về thời gian phát tia xạ trị nhờ có suất liều cao.

Cần có thêm nhiều khảo sát tiếp theo mở rộng mẫu và khảo sát trên các ca bệnh xạ trị dưới sự hướng dẫn của hình ảnh, xạ trị theo nhịp thở, SBRT, SRS sử dụng MLC và cones và các kết quả nghiên cứu lâm sàng để đánh giá toàn diện hơn về mặt ứng dụng của chùm tia FFF trong xạ trị.

Tài liệu tham khảo:

1. Ying Xiao, Stephen F. Kry, Richard Popple, Ellen Yorke, Niko Papanikolaou, Sotirios Stathakis, Ping Xia, Saiful Huq, John Bayouth, James Galvin, Fang-Fang Yin. Flattening filter-free accelerators: a report from the AAPM Therapy Emerging Technology Assessment Work Group.
2. Sponsored by the IAEA and AAPM. Dosimetry of small static fields used in external beam radiotherapy.
3. J E Lye et al. Comparison between the TRS-398 code of practice and the TG-51 dosimetry protocol for flattening filter free beams.
4. Kretschmer M, Sabatino M, Blechschmidt A, Heyden S, Grünberg B, Würschmidt F. The impact of flattening-filter-free beam technology on 3D conformal RT.
5. Joseph Ting, Ph.D. Commissioning of Varian TrueBEAM TrueBEAM With Commissioning of Varian TrueBEAM TrueBEAM With Flattening Filter Free Flattening Filter Free – FFF Design.
6. Jia-Yang Lu1, Jing Zheng, Wu-Zhe Zhang, Bao-Tian Huang. Flattening Filter-Free Beams in Intensity Modulated Radiotherapy and Volumetric Modulated Arc Therapy for Sinonasal Cancer.
7. Yue Yan, Poonam Yadav, Michael Bassetti, Kaifang Du, Daniel Saenz, Paul Harari, and Bhudatt R. Paliwal. Dosimetric differences in flattened and flattening filter-free beam treatment plans.
8. Vaibhav R Mhatre, Pranav Chadha, Abhaya P Kumar, Kaustav Talapatra. Dosimetric Comparison of 6 MV Flattening Filter Free and 6 MV Stereotactic Radiosurgery Beam Using 4 mm Conical Collimator for Trigeminal Neuralgia Radiosurgery.
9. Spruijt KH, Dahele M, Cuijpers JP, Jeulink M, Rietveld D, Slotman BJ, Verbakel WF. Flattening filter free vs flattened beams for breast irradiation.
10. Annede P, Darreon J, Benkemouche A, Valdenaire S, Tyran M, Kaepelin B, Macagno A, Barrou J, Cagetti LV, Favrel V, Moureau-Zabotto L, Gonzague L, Fau P, Chargari C, Tallet A, Salem N.
11. Tejinder Kataria, Kuldeep Sharma, Vikraman Subramani, K. P. Karrthick, and Shyam S. Bisht. Homogeneity Index: An objective tool for assessment of conformal radiation treatments.
12. Deva Petrova, Snezana Smickovska, and Emilija Lazarevska. Conformity Index and Homogeneity Index of the Postoperative Whole Breast Radiotherapy.
13. AAPM report. Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators.

**EVALUATION THE CHARACTERISTICS AND
DETERMINATE THE CLINICAL BENEFIT OF THE
FLATTENING FILTER FREE (FFF) BEAM TO 3D, IMRT,
VMAT, SRS TECHNIQUES IN THE TRUEBEAM MACHINES IN
HO CHI MINH ONCOLOGY HOSPITAL**

Group of authors: Nguyễn Trung Hiếu, Phan Quốc Uy,
Vũ Anh Duy, Trương Hữu Thanh, Võ Tấn Linh.

Ho Chi Minh Oncology Hospital

Address: 3 No Trang Long, ward 7, Binh Thanh district, HCM City

Abstract:

Introduction

Currently, The HCM OH has installed two Truebeam Therapy Machines which are being used clinically. Truebeam Machines are the most advanced linear accelerator produced by Varian Medical Systems on the market so far (Palo Alto, CA, US) and are able to deliver advanced radiotherapy treatment namely Intensity modulated radiotherapy (IMRT), Image guided radiotherapy (IGRT), Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT), Stereotactic radiosurgery (SRS). To ensure safe use of these machines for clinical treatment, the issue of investigating dosimetric and mechanical characteristics of the machines as well as establishing different standardized protocols need to be prioritized.

This report presents the results obtained when investigating the characteristics of the Flattening Filter Free beam in the Truebeam machines in HCM OH. The report also studies the advantage as well as justifying the appropriate situations where FFF beam will be of clinical benefit to treatment techniques such as 3D CRT, IMRT, VMAT and SRS.

Methodology:

Making comparison between FF and FFF in terms of their characteristics to determine the differences between the two.

Planning for clinical cases using FF and FFF beam respectively for each individual techniques (3D, IMRT, VMAT, and SRS). To limit the number of variables, all the parameters in the plans are kept the same while the planners evaluate the dose distributions and DVH of each

plan. The advantage and disadvantage of FF and FFF beams are determined and recommendations for suitable clinical cases using FFF are made.

Result:

The spectrum of FFF beam is on the lower end and as a result, surface dose is greater than that of FF beam. The intensity of FFF beam is also focused at the center of the beam, falling off towards the edge of the field and the dose outside of the field drops off due to the drop in scattering. One of the advantages of FFF beam is its very high dose rate and as a result, treatment time can be significantly reduced.

FFF beam is not suitable to be used in 3D CRT. For IMRT and VMAT, FFF beam produces similar dose distribution to that of FF beam. For SRS with cones, FFF beam exhibits significant benefits in terms of treatment time thanks to its high dose rate.

Key word: Truebeam, , flattening-filter-free, SRS