

SO SÁNH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾ HOẠCH XẠ PHẪU KHỐI U TRONG NÃO TRÊN MÁY CYBERKNIFE VÀ TRUEBEAM STX

Phạm Quang Trung^{1*}, Vũ Hải Linh²

¹ Khoa Xạ trị & Xạ phẫu – Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

² Viện Kỹ thuật Hạt nhân và Vật lý Môi trường – Đại học Bách khoa Hà Nội

*Người liên hệ: qtphamhus@gmail.com

Tóm tắt: Khoa Xạ trị & Xạ phẫu – Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 (XTXP – BVTWQĐ108) đã áp dụng kỹ thuật xạ phẫu (Stereotactic Radiosurgery – SRS) trong điều trị bệnh nhân có các khối u nguyên phát và di căn trong não trên máy CyberKnife từ năm 2006 và trên máy TrueBeam STx từ năm 2017. Nhằm đánh giá chất lượng của kế hoạch trên hai hệ thống CyberKnife (phần mềm CyRIS MultiPlan v1.5.1) và TrueBeam STx (phần mềm Eclipse v13.6), phân bố liều tại thể tích điều trị, thời gian phát tia - BOT, Conformity Index - CI, Gradient Index - GI, Homogeneity Index - HI và thể tích não lành bao bởi đường đồng liều 12 Gy – V12 được sử dụng để so sánh. Kết quả: chỉ số $GI_{Paddick}$, GI_{Wagner} giữa TrueBeam STx ($4,84 \pm 1,15$; $85,50 \pm 3,69$) và CyberKnife ($4,80 \pm 0,95$; $80,47 \pm 6,18$) tương đồng nhau. Tuy nhiên, các chỉ số CI_{RTOG} , $CI_{Paddick}$ trên TrueBeam STx ($1,11 \pm 0,03$; $0,81 \pm 0,04$) đều gần với giá trị lý tưởng hơn các chỉ số trên CyberKnife ($1,29 \pm 0,14$; $0,72 \pm 0,05$). TrueBeam STx cũng thể hiện sự tối ưu hơn về khả năng bảo vệ các cơ quan lành xung quanh vùng thể tích điều trị, thể tích não lành bao bởi đường đồng liều 12 Gy và thời gian phát tia ít hơn so với CyberKnife (~2,2 lần). Kết luận: kế hoạch xạ phẫu trên máy TrueBeam STx và CyberKnife đều đạt các tiêu chí thông qua các chỉ số đánh giá.

Từ khoá: Xạ phẫu, CyberKnife, TrueBeam STx, CI_{RTOG} , $CI_{Paddick}$, GI, HI, V12.

1. MỞ ĐẦU

U não và các bệnh lý sọ não ngày càng gia tăng về tỷ lệ mắc mới và tử vong. Do đó, để điều trị được các khối u trong sọ não đòi hỏi phải sử dụng các phương pháp kỹ thuật cao. Bên cạnh các phương pháp điều trị truyền thống: phẫu thuật, hóa trị, xạ trị, thì xạ phẫu (Stereotactic Radiosurgery - SRS) được đánh giá là phương pháp điều trị hiện đại, là lựa chọn tối ưu ở nhiều nước. SRS là phương pháp điều trị u não và các bệnh lý sọ não bằng tia xạ kết hợp với kỹ thuật định vị 3 chiều. Sự hội tụ các tia bức xạ từ nhiều hướng khác nhau tới tâm khối u giúp tập trung liều lớn tại vùng thể tích điều trị và giảm thể tích nhận liều cao tại các cơ quan lành xung quanh.

Xạ phẫu được thực hiện lần đầu tiên bởi Lars Leksell vào năm 1967 trên máy Gamma Knife tại nhà máy hạt nhân Studvik (Stockholm, Thụy Điển) [1]. Ngày nay, những tiến bộ trong công nghệ đã cho phép thực hiện xạ phẫu với thiết bị hiện đại hơn: Rotating Gamma Knife (RGK), Cyberknife (CK), TrueBeam STx (TB).

Hệ thống CyberKnife sử dụng máy gia tốc thẳng (Linear Accelerator - Linac) để gia tốc hạt điện tử, các điện tử sau khi đập vào bia Tungsten tạo ra chùm bức xạ photon. Hệ thống Linac được gắn trên một cánh tay robot [2]. Do cánh tay robot có khả năng chuyển động linh hoạt sáu bậc chuyển động tự do, nên chùm tia có thể tiếp cận các vùng trên cơ thể, cung cấp vị trí, góc độ tốt và tối ưu nhất để tiến hành chiếu xạ. Trong quá trình phát tia, CyberKnife chuyển động dưới sự trợ giúp của hệ thống hướng dẫn hình ảnh, đảm bảo quá trình điều trị luôn đúng mục tiêu và chính xác.

TrueBeam STx là hệ thống xạ trị - xạ phẫu đa năng, sử dụng máy gia tốc thẳng để gia tốc điện tử tạo chùm bức xạ. Máy có khả năng phát bức xạ (electron, photon) và điều biến cường độ chùm tia liên tục trong khi chuyển động. Bộ chuẩn trực đa lá (Multi Leaf Collimator - MLC) cho độ phân giải lên tới 2,5 mm tại trung tâm (32 cặp lá), giúp định dạng chùm tia một cách chính xác, suất liệu tối đa 2400 MU/phút (Monitor Unit - MU), giúp rút ngắn thời gian phát tia trong quá trình điều trị bệnh nhân.

Khoa XTXP - BVTWQĐ108 đã áp dụng kỹ thuật xạ phẫu trong điều trị bệnh nhân có các khối u trong não trên máy CyberKnife - hãng Accuray từ năm 2006 và trên máy TrueBeam STx - Varian từ năm 2017. Báo cáo này nhằm so sánh và đánh giá ưu – nhược điểm kế hoạch điều trị trên hai hệ thống.

Công cụ được sử dụng để đánh giá kế hoạch là giản đồ liều khối DVH (Dose Volume Histogram - DVH) và phân bố liều trên các lát cắt ảnh CT (Computed Tomography - CT). Tuy nhiên, việc sử dụng giản đồ DVH và các lát cắt ảnh CT chỉ mang tính trực quan. Để đánh giá một kế hoạch xạ phẫu, cần xem xét đến các chỉ số: Gradient Index (GI), Conformity Index (CI), Homogeneity Index (HI) và thể tích não lành bao bởi đường đồng liều 12 Gy (V12). Ngoài ra, chỉ số về thời gian phát tia (Beam On Time – BOT) cũng được sử dụng để so sánh giữa hai hệ thống CyberKnife và TrueBeam STx.

2. NỘI DUNG

2.1. Đối tượng và Phương pháp

2.1.1. Đối tượng

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu của 10 bệnh nhân đã được điều trị bằng kỹ thuật SRS trên máy CyberKnife (phần mềm CyRIS MultiPlan v1.5.1 – hãng Accuray). Tất cả bệnh nhân đều điều trị ở tư thế nằm ngửa, sử dụng chùm photon 6MV- FFF (Flattening Filter Free - FFF), suất liệu 400 MU/phút. Thể tích các khối u (Planning Target Volume - PTV) của các bệnh nhân thay đổi từ 0,54 đến 4,56cm³, liều chỉ định được kê bởi bác sĩ cho từng kế hoạch SRS tương ứng từ 16 đến 24 Gy (Bảng 1) [3].

Bảng 1. Thông số kích thước khối u theo ảnh CT của 10 bệnh nhân và liều chỉ định cho các kế hoạch SRS

STT	Mã bệnh nhân	Số khối u	PTV(cc)	Liều chỉ định (Gy)	Đường kính cone collimator (mm)
1	01100317	1	0,54	24	7,5
2	01200317	1	0,69	24	7,5
3	01130716	1	0,69	24	7,5
4	01070817	1	0,77	24	7,5
5	01150817	1	1,04	18	10,0
6	01071216	1	1,02	20	10,0
7	01220217	1	2,11	17	10,0
8	01230817	1	2,35	22	12,5
9	01241116	1	2,45	16	12,5
10	02130716	1	4,56	16	15,0

2.1.2. Phương pháp

Dữ liệu ảnh CT của 10 bệnh nhân đã được điều trị trên máy CyberKnife được sử dụng để lập kế hoạch điều trị trên máy TrueBeam STx bằng phần mềm Eclipse v13.6 (hãng Varian). Các kế hoạch VMAT (Volume Modulated Arc Therapy – VMAT) trên Eclipse v13.6 được lập với trường chiếu gồm 1 isocenter, 3 Arc non – coplanar (không đồng phẳng), chùm photon năng lượng 6 MV – FFF, suất liều 400 MU/phút (TB_400) và 1400 MU/phút (TB_1400), sử dụng MLC. Các chỉ số sử dụng để đánh giá và so sánh: Gradient Index - GI, Conformity Index - CI, Homogeneity Index - HI, V12 cho mỗi khối u và BOT cho các kế hoạch trên hai hệ thống CyberKnife và TrueBeam STx.

Bảng 2. Các công thức tính các chỉ số GI, CI, CGI, HI

GI	Wagner 2003 [4], A = 100	Paddick 2006 [5]
	$GI = 100 - 100 \times ((R_{Eff, 50\%R_x} - R_{Eff, R_x}) - 0,3cm)$	$GI = \frac{PIV_{half}}{PIV}$
CI	RTOG 1993 [6], A = 1	Paddick 2000 [7], A = 1
	$CI_{RTOG} = \frac{PIV}{TV}$	$CI = \frac{TV_{PIV}^2}{TV \cdot PIV} = \frac{TV_{PIV}}{TV} \times \frac{TV_{PIV}}{PIV}$
CGI	CGIg [4], A = 100	CGIc [4], A = 100
	$CGIg = 100 - 100 \times ((R_{Eff, 50\%R_x} - R_{Eff, R_x}) - 0,3cm)$	$CGIc = 100 \times \frac{TV}{PIV}$
	$CGI = \frac{CGIg + CGIc}{2} [4], A = 100$	
HI	RTOG 1993 [4], A < 2	Wu 2000 [8], A = 0
	$HI = \frac{D_{max}}{DP}$	$HI = \frac{D_2 - D_{98}}{PD} \times 100$

PIV_{half} : thể tích bao bởi đường đồng liều 50%; PIV: thể tích bao bởi liều chỉ định; TV: thể tích bia chiếu xạ; $R_{Eff, 100\%R_x}$: bán kính hiệu dụng của vùng thể tích bao bởi liều chỉ định; $R_{Eff, 50\%R_x}$: bán kính hiệu dụng của vùng thể tích bao bởi đường đồng liều 50%; TV_{PIV} : vùng thể tích bia chiếu xạ được bao phủ bởi liều chỉ định; D_x : liều chiếm x% thể tích; PD: liều chỉ định; D_{max} : giá trị lớn nhất của liều tại khối u; A: giá trị lý tưởng.

V12 (thể tích não lành bao bởi đường đồng liều 12 Gy): nhiều nghiên cứu đã chứng minh V12 là đáng kể trong dự báo hoại tử trong xạ phẫu. Khi đánh giá kế hoạch, chỉ số này càng nhỏ càng tốt [9][10].

BOT: là thời gian máy thực hiện chiếu chùm tia vào cơ thể bệnh nhân.

$$t = \frac{\text{Tổng số MU}}{\text{Suất liều chiếu}} \text{ (phút)} \quad (1)$$

MU là đơn vị sử dụng để đo liều bức xạ phát ra của máy gia tốc Linac. 1 MU là một lượng điện tích ghi nhận được từ buồng ion hóa gắn ở đầu máy gia tốc ứng với liều hấp thụ 1 cGy trong phantom nước tại khoảng cách SAD (Source to Axis Distance - SAD) là 100 cm với độ sâu liều cực đại, trường chiếu $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Liều hiệu chỉnh như vậy được gọi là 1 MU[11]. Suất liều chiếu của các kế hoạch xạ phẫu trên máy CyberKnife là 400 MU/phút, với máy TrueBeam STx là 400 MU/phút và 1400 MU/phút.

2.2. Kết quả

Các kế hoạch lập trên phần mềm Eclipse v13.6 đều đạt được các tiêu chí về liều lượng cho các cơ quan lành theo AAPM 101 và được QA (Quality Assurance – QA) trên hệ thống TrueBeam STx sử dụng EPID (Electronic Portal Imaging Device – EPID). Chỉ số Gamma Pass Rate đều đạt $\geq 97\%$ với gamma index $2\%/1\text{ mm}$ cho tất cả các kế hoạch. Các kế hoạch SRS lập trên Eclipse v13.6 đều đạt các tiêu chí để đưa vào điều trị lâm sàng [12].

a. Gradient Index (GI):

Sự suy giảm liều tính toán theo công thức Paddick (2006) [5], Wagner (2003) [4] và lấy trung bình trên 10 kế hoạch (Bảng 3). GGIg là một thang gradient thu nhỏ sao cho $CGI_g = 100$ tương ứng với 0,3 cm là khoảng cách tối ưu để giảm liều từ 100% về 50%, khi đánh giá kế hoạch sử dụng 1 tâm, 5 cung chiếu xạ [4]. Nghiên cứu lâm sàng cũng chứng minh, độ lệch này có thể lớn hơn ($CGI_g < 100$) vẫn chấp nhận được do sự khác nhau về số lượng, hình dạng và sự sắp xếp trường chiếu [4]. Trong cả hai so sánh dựa trên công thức của Paddick và Wagner, chỉ số GI giữa CyberKnife và TrueBeam STx đều cho các thang giá trị tương đối sát nhau.

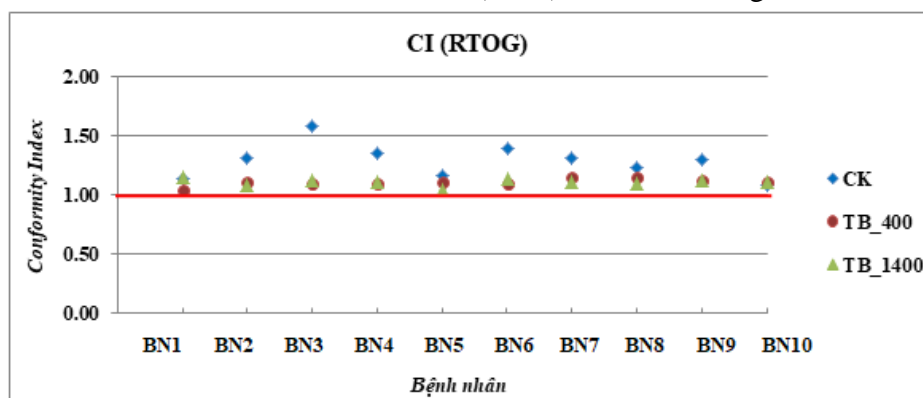
Bảng 3. Các giá trị Gradient Index theo công thức Paddick (2006) và Wagner (2003) của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

	GI (Paddick)			GI (Wagner)		
	CK	TB_400	TB_1400	CK	TB_400	TB_1400
TB	4,80	4,84	4,81	80,47	85,50	86,00
ĐLC	0,95	1,15	1,19	6,18	3,69	3,16
TGT	3,85 – 5,75	3,69 – 5,99	3,62 – 6,00	74,29 – 86,65	81,81 – 89,19	82,84 – 89,16

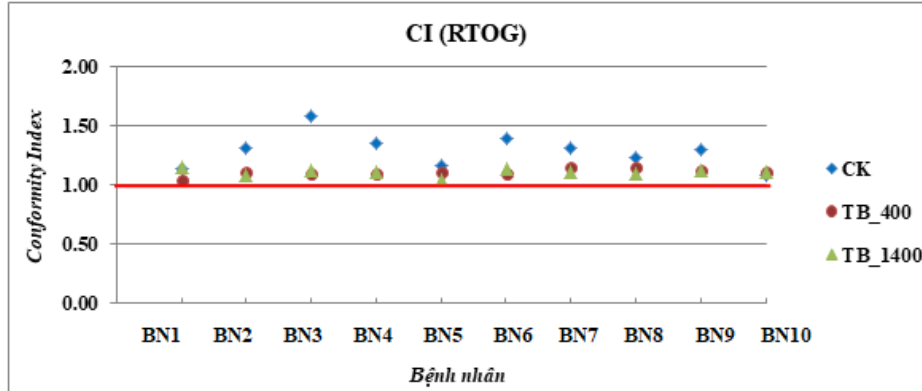
TB: giá trị trung bình; ĐLC: độ lệch chuẩn; TGT: thang giá trị.

b. Conformity Index (CI):

Mức độ bao phủ 100% liều chỉ định trong vùng thể tích điều trị được tính toán theo công thức đưa ra bởi RTOG (1993) [6], thống kê trên 10 kế hoạch (



Biểu đồ 1). Trung bình, giá trị CI trên TrueBeam STx với suất liều 400 MU/phút và 1400 MU/phút là như nhau ($1,11 \pm 0,03$), trên CyberKnife là $1,29 \pm 0,14$. Mặc dù đều nằm trong khoảng giá trị cho phép ($1 \div 2$). Giá trị CI trên TrueBeam STx gần với giá trị lý tưởng ($CI = 1$) hơn CyberKnife.



Biểu đồ 1. Chỉ số Conformity Index (RTOG) của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

Theo công thức đưa ra bởi Paddick (2000) [7], chỉ số CI xét đến phần giao nhau giữa vùng thể tích bao bởi liều chỉ định (PIV) và bia chiếu xạ (TV). Tỷ số TV_{PIV}/TV sử dụng để đánh giá giá trị khối u nhận liều, tỷ số TV_{PIV}/PIV đánh giá giá trị cơ quan lành chịu liều. CI (Paddick) trên máy TrueBeam STx ($0,81 \pm 0,04$) gần với giá trị lý tưởng $CI = 1$ hơn giá trị trên CyberKnife ($0,72 \pm 0,05$) (Bảng 4).

Bảng 4. Giá trị Conformity Index theo công thức Paddick (2000) của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

	$\frac{TV_{PIV}}{TV}$	$\frac{TV_{PIV}}{PIV}$	CI (Paddick)
CK	$0,96 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,06$	$0,72 \pm 0,05$
TB_400	$0,95 \pm 0,03$	$0,85 \pm 0,02$	$0,81 \pm 0,04$
TB_1400	$0,94 \pm 0,03$	$0,85 \pm 0,02$	$0,81 \pm 0,04$

Wagner đã kết hợp hai chỉ số CI và GI để đưa ra định nghĩa về chỉ số CGI (Conformity/Gradient Index - CGI) cho đánh giá đồng thời sự suy giảm liều tới các cơ quan lành xung quanh vùng thể tích điều trị và sự phân bố đồng liều trong thể tích bia chiếu xạ [4]. Số liệu lấy trung bình trên 10 kế hoạch thể hiện trong Bảng 5. Kết quả cho thấy, giá trị CGIc cũng như CGI trên TrueBeam STx đều gần với giá trị lý tưởng hơn CyberKnife.

Bảng 5. Giá trị CGIg, CGIc và CGI của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

	CGIg	CGIc	CGI
CK	$80,47 \pm 6,18$	$78,51 \pm 8,33$	$79,49 \pm 3,2$
TB_400	$85,5 \pm 3,69$	$90,00 \pm 2,58$	$87,75 \pm 2,63$
TB_1400	$86,00 \pm 3,16$	$90,23 \pm 2,39$	$88,11 \pm 2,24$

c. Homogeneity Index (HI)

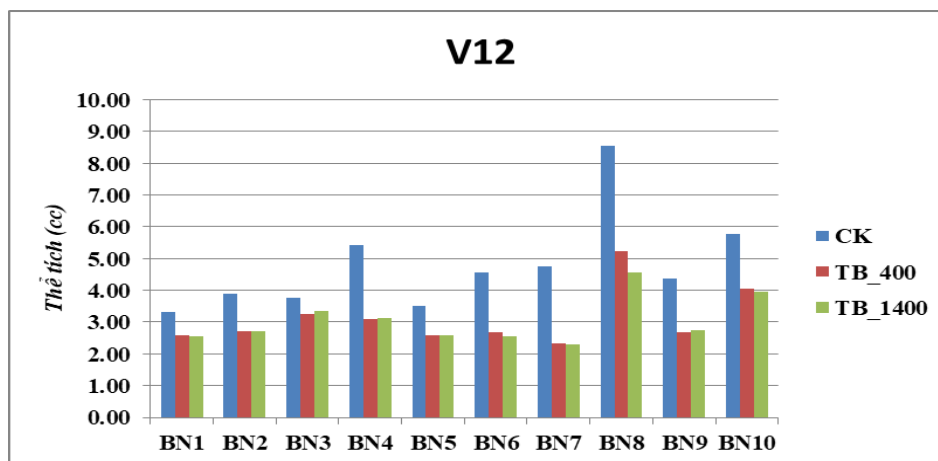
Mức độ đồng đều trong phân bố liều ở thể tích điều trị được tính toán trên 10 kế hoạch với hai công thức đưa ra bởi Wu (2000) [8] và RTOG (1993) [6] (Bảng 6). Thống kê chỉ ra, CyberKnife cho phân bố liều đồng đều và liều tối đa trong PTV nhỏ hơn TrueBeam STx.

Bảng 6. Các giá trị Homogeneity Index theo công thức Wu (2000) và RTOG (1993) của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

	HI (Wu) (%)	HI (RTOG)
CK	24,15 ± 6,47	1,24 ± 0,06
TB_400	32,07 ± 5,43	1,37 ± 0,06
TB_1400	32,48 ± 5,95	1,38 ± 0,07

d. V12

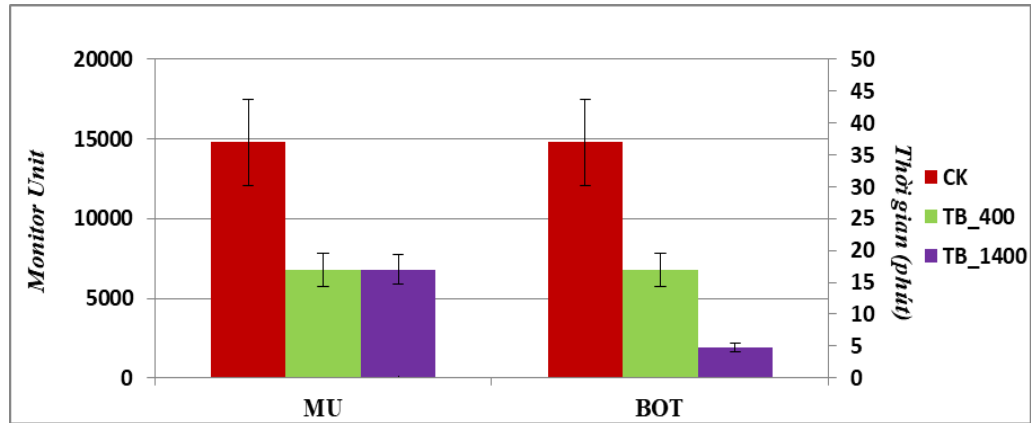
Thể tích não lành bao bởi đường đồng liều 12 Gy từ 5 đến 10 cm³ có nguy cơ gây hoại tử não lên đến 20% [10]. Do đó, để hạn chế nguy cơ hoại tử não, thể tích này càng nhỏ càng tốt. V12 đối với từng khối u trên mỗi kế hoạch được thống kê trong Biểu đồ 2, các giá trị V12 trên CyberKnife đều lớn hơn TrueBeam STx.



Biểu đồ 2. Thể tích não lành bao bởi đường đồng liều 12 Gy của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

e. Thời gian phát tia - BOT

Với suất liều 400 MU/phút, thời gian phát tia trung bình trên CyberKnife (36,99 ± 6,78 phút) gấp 2,2 lần thời gian phát tia trung bình của TrueBeam STx (17,00 ± 2,65 phút). Khi tăng suất liều trên TrueBeam STx lên 1400 MU/phút, giá trị BOT chỉ còn 4,85 ± 0,66 phút.



Biểu đồ 3. Thời gian phát tia (BOT) trung bình của các kế hoạch SRS lập trên CyRIS MultiPlan v1.5.1 (CyberKnife) và Eclipse v13.6 (TrueBeam STx)

2.3. Bàn luận

Xạ phẫu là phương pháp hiện đại, là lựa chọn tối ưu để điều trị cho các bệnh nhân u não và bệnh nhân ung thư di căn não. Tuy nhiên, việc sử dụng liều lớn bức xạ trong một phân liều chiếu với khối u nằm trong não đặt ra yêu cầu nghiêm ngặt về phân phối liều lượng bức xạ tới khối u và các mô lành xung quanh vùng thể tích điều trị.

Trong cả hai so sánh CI trên hai máy, các chỉ số của TrueBeam STx đều tốt hơn: CI theo RTOG ($1,11 \pm 0,03$ và $1,29 \pm 0,14$) và Paddick ($0,81 \pm 0,04$ và $0,72 \pm 0,05$). Đồng thời, CI_{Paddick} còn tính đến phần giao nhau giữa PIV và TV. Do đó, ngoài đánh giá giá trị khối u nhận liều, giá trị mô lành chịu liều cũng được so sánh thông qua tỷ số $TV_{\text{PIV}}/\text{PIV}$, TrueBeam STx ($0,85 \pm 0,02$) đã thể hiện sự vượt trội hơn CyberKnife ($0,75 \pm 0,06$) về khả năng giảm thể tích nhận liều cao tại cơ quan lành xung quanh. Đặc biệt là V12 – một trong những chỉ số quan trọng khi đánh giá kế hoạch xạ phẫu [10]. Theo thống kê, giá trị V12 tương ứng trên các kế hoạch của TrueBeam STx nhỏ hơn các kế hoạch trên CyberKnife ($3,12 \pm 0,89 \text{ cm}^3$ và $4,79 \pm 1,55 \text{ cm}^3$), giúp giảm nguy cơ gây hoại tử não.

Các nghiên cứu trước đây của Haisong Liu và các cộng sự [13] đề cập đến việc so sánh hiệu quả và chất lượng điều trị di căn não giữa Gamma Knife và RapidArc không sử dụng tấm lọc phẳng. Các nghiên cứu đã đưa ra các giá trị CI_{RTOG} , V12 đối với RapidArc không sử dụng tấm lọc phẳng ($1,19 \pm 0,14$; $2,73 \pm 1,38 \text{ cm}^3$), kết quả này tương đồng với các giá trị CI_{RTOG} và V12 trên máy TrueBeam STx trong báo cáo này ($1,11 \pm 0,03$; $3,12 \pm 0,89 \text{ cm}^3$). Nghiên cứu của chúng tôi cũng chỉ ra, độ suy giảm liều – GI trên máy TrueBeam STx ($4,84 \pm 1,15$), gần sát với giá trị GI = $4,77 \pm 1,49$ trong báo cáo của Haisong Liu [13]. Độ dốc liều tương ứng trên CyberKnife là $4,80 \pm 0,95$. Những con số này đã chứng minh, khả năng giảm liều từ 100% về 50% là không khác biệt giữa hai hệ thống máy: CyberKnife và TrueBeam STx.

Chúng tôi cũng tiến hành so sánh sự đồng nhất của phân bố liều trong thể tích điều trị thông qua chỉ số HI. Cả CyberKnife và TrueBeam STx đều cho giá trị HI_{RTOG} nhỏ hơn 2 (CK: $1,24 \pm 0,06$ và TB: $1,37 \pm 0,06$), tức là trong khoảng giá trị cho phép theo tiêu chí của RTOG. Cụ thể, khi so sánh dựa trên công thức đưa ra bởi Wu (2000), HI trên CyberKnife ($24,15 \pm 6,47$ (%)) gần với giá trị lý tưởng HI = 0 hơn so với TrueBeam STx ($32,07 \pm 5,43$ (%)). Mức độ đồng đều trong phân bố liều tại PTV của CyberKnife tốt hơn TrueBeam

STx. Chỉ số này có thể được cải thiện bằng cách hạn chế liều tối đa tại PTV khi lập kế hoạch trên phần mềm Eclipse v13.6.

Thời gian là một trong những yếu tố góp phần không nhỏ ảnh hưởng đến hiệu quả điều trị, cũng như năng suất điều trị bệnh nhân. Mặc dù cả 2 thiết bị đều có những hệ thống hỗ trợ định vị và ghi nhận hình ảnh của bệnh nhân trong quá trình điều trị, tuy nhiên việc phải nằm cố định trên giường điều trị trong một khoảng thời gian dài dễ gây mệt mỏi cho người bệnh, làm giảm hiệu quả điều trị. Kết quả so sánh, thời gian phát tia trung bình mỗi kế hoạch của CyberKnife ($36,99 \pm 6,78$ phút), gấp gần 2,2 lần thời gian phát tia trung bình của TrueBeam STx ($17,00 \pm 2,65$ phút). Thời gian phát tia trên máy TrueBeam STx có thể rút ngắn chỉ còn $4,85 \pm 0,66$ phút nếu tăng suất liều chiếu lên 1400 MU/phút, cũng như có thể cải thiện hơn khi tăng suất liều lên tới thông số tối đa của máy là 2400 MU/phút khi sử dụng chùm tia 10 MV – FFF. Việc tăng suất liều lên 1400 MU/phút giúp rút ngắn đáng kể thời gian phát tia so với sử dụng suất liều 400 MU/phút (~ 3,5 lần), trong khi đó, các chỉ số CI, GI, HI, CGI đều gần giống với các kết quả tính toán ở suất liều 400 MU/phút.

Thực tế, với các khối u nhỏ (bán kính ~ 5 mm), việc sử dụng 2 – 3 cặp MLC bề dày 2,5 mm để điều biến chùm bức xạ không còn chính xác và phù hợp khi tính toán và tối ưu hóa liều. Do đó, cần phải sử dụng cones collimator để chuẩn trực chùm tia với khối u có kích thước nhỏ. Chúng tôi sẽ tiến hành so sánh và đánh giá kế hoạch xạ phẫu sử dụng cones collimator cho các khối u trong não trên máy TrueBeam STx và CyberKnife trong các nghiên cứu tiếp theo.

3. KẾT LUẬN

Các kế hoạch trên hai thiết bị đều đạt được các tiêu chí đánh giá kế hoạch SRS. Tuy nhiên các kế hoạch được lập lại trên TrueBeam STx cho thấy sự tối ưu hơn các kế hoạch trên CyberKnife về mức độ bao phủ, tập trung liều tại khối u cũng như khả năng bảo vệ các cơ quan lành khỏi việc nhận liều cao, đặc biệt là giảm nguy cơ hoại tử não và rút ngắn thời gian phát tia. Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở tham khảo, với máy TrueBeam STx, bên cạnh các tiêu chí đã và đang sử dụng ($CI_{RTOG} < 1,2$ và $V12 < 10 \text{ cm}^3$), thì tiêu chí đánh giá bổ sung cho việc lập kế hoạch xạ phẫu các khối u trong não có thể tích từ 0,5 đến 5,0 cm^3 là: $CI_{\text{Paddick}} \geq 0,77$; $GI_{\text{Paddick}}: 3,7 \div 6,0$.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin cảm ơn tập thể kỹ sư vật lý y học, bác sỹ xạ trị tại Khoa XTXP – BVTWQĐ108 đã tạo điều kiện và góp ý để chúng tôi hoàn thiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. W. Michael C Schell, Frank J Bova, , David a Larson, Dennis D Leavitt, Wendell R Lutz, Ervin B Podgorsak, “Stereotactic Radiosurgery Report of Task Group 42 Radiation Therapy Committee for the American Association of Physicists in Medicine,” no. 5, pp. 1–92, 1995.
- [2] J. L. Meyer, “IMRT, IGRT, SBRT: Advances in the treatment planning and delivery of radiotherapy: Second edition,” *Front. Radiat. Ther. Oncol.*, vol. 40, pp. 1–495, 2011.
- [3] A. Sahgal *et al.*, “Prescription dose guideline based on physical criterion for multiple metastatic brain tumors treated with stereotactic radiosurgery,” *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 78, no. 2, pp. 605–608, 2010.

- [4] M. S. Wager TH, Bova FJ, Friedman WA, Buatti JM, Bouchet LG, “A simple and reliable index for scoring rival stereotactic radiosurgery plans,” *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 57, no. 4, pp. 1141–1149, 2003.
- [5] B. L. Ian Paddick, M.Sc, “A simple dose gradient measurement tool to complement the conformity index,” *J. Neurosurg.*, vol. 105, pp. 194–201, 2006.
- [6] M. L. Shaw E, Kline R, Gillin M, Souhami L, Hirschfeld A, Dinapoi R, “Radiation Therapy Oncology Group: radiosurgery quality assurance guidelines,” *Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 27, pp. 1231–1239, 1993.
- [7] M. S. Ian Paddick, “A simple scoring ratio to index the conformity of radiosurgical treatment plans,” *J. Neurosurg.*, vol. 93, no. Suppl 3, pp. 219–222, 2000.
- [8] Wu Q, Mohan R, “Algorithms and functionality of an intensity modulated radiotherapy optimization system,” *Med Phys.*, no. 27, pp. 701–711, 2000.
- [9] S. W. Mark J Amsbaugh, Mehran B Yusuf, Jeremy Gaskins, Anthony E Dragun, Neal Dunlap, Timothy Guan, “A Dose-Volume Response Model for Brain Metastases Treated With Frameless Single-Fraction Robotic Radiosurgery.,” *Technology in cancer research & treatment*, vol. 8, no. 4, pp. 1–13, 2016.
- [10] J. O. D. Lawrence B. Marks, Ellen D. Yorke, Andrew Jackson, Randall K.Ten Haken, Louis Constine, Avraham Eisbruch, Søren M. Bentzen, Jiho Nam, “Use of Normal Tissue Complication Probability Models in the Clinic,” *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 76, no. 3, pp. 10–19, 2010.
- [11] E.B.Podgorsak, “Chapter 06: External Photon Beam: Physical Aspects,” in *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*, vol. 6, IAEA Textbook, 2012, pp. 145–170.
- [12] S. H. Benedict *et al.*, “Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101,” *Med. Phys.*, vol. 37, no. 8, pp. 4078–4101, 2010.
- [13] W. S. Haisong Liu, D.W. Andrews, James J.Evans, Maria Werner-Wasik, Yan Yu, Adam P.Dicker, “Plan Quality and Treatment Efficiency for Radiosurgery to Multiple Brain Metastases: Non-Coplanar RapidArc vs. Gamma Knife,” *Front. Oncol.*, vol. 6, no. 26, pp. 1–8, 2016.