

XÁC ĐỊNH THỰC NGHIỆM PHÂN BỐ THÔNG LƯỢNG NOTRON TRÊN MÁY GIA TỐC VARIAN CX TẠI BỆNH VIỆN TRUNG ƯƠNG QUÂN ĐỘI 108

LÊ MẠNH ĐỨC

*Khoa Xạ trị & Xạ phẫu – Bệnh viện Trung ương Quân đội 108, Số 1 Trần Hưng Đạo, Hai Bà
Trung, Hà Nội*

Email: manhduc1303@gmail.com

Tóm tắt: Nhằm đánh giá chính xác thông lượng neutron trong quá trình điều trị tại phòng máy Varian CX sử dụng mức năng lượng 15 MV tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108, nghiên cứu này được thực hiện để xác định phân bố thông lượng neutron tại các vị trí khác nhau trên bàn điều trị bằng phương pháp kích hoạt lá dò vàng. Kết quả nghiên cứu: thông lượng neutron dọc theo bàn điều trị trong khoảng $3,97 \times 10^3$ đến $2,33 \times 10^6$ n/cm²/s. Kết quả thu được từ nghiên cứu được sử dụng làm dữ liệu tính toán liều neutron ảnh hưởng tới bệnh nhân giúp nâng cao chất lượng điều trị.

Từ khóa: xạ trị, thông lượng neutron

I. MỞ ĐẦU

Ngày nay, việc sử dụng các máy gia tốc xạ trị để điều trị cho bệnh nhân bằng chùm tia electron và photon ngày càng phổ biến. Tuy nhiên, khi sử dụng chùm photon năng lượng lớn hơn 8 MV sẽ xảy ra phản ứng quang hạt nhân (γ, n) tạo ra chùm tia neutron thứ cấp. Hiện nay, những ảnh hưởng của bức xạ neutron này tới bệnh nhân trong quá trình xạ trị vẫn chưa được đánh giá đầy đủ. Trên thế giới các nghiên cứu được tiến hành trước đây của tác giả (Hong Suk KIM^[2], Najmeh Mohammadi^[3], Seyed Mehdi HASHEMI^[1], H. Yucel^[4] ...) thu được kết quả: thông lượng neutron trong khu vực buồng điều trị trong khoảng $(1,17 \pm 0,06) \times 10^7$ n/cm²^[4].

Các máy gia tốc y học hiện đại có thể điều trị bằng cả photon và electron. Nếu điều trị bằng electron, dòng electron sơ cấp sẽ được sử dụng cho điều trị, nếu bệnh nhân được điều trị bằng photon, dòng electron sơ cấp sẽ được bắn vào bia để tạo bức xạ hãm, neutron không mong muốn sẽ được tạo ra trong quá trình điều trị bởi phản ứng quang hạt nhân (γ, n) từ các thành phần của đầu máy gia tốc (bia, bộ lọc phẳng và ống chuẩn trực) và các cấu trúc vật liệu khác. Ở trạng thái điều trị bằng photon, photon với năng lượng cao hơn ngưỡng xảy ra phản ứng (γ, n) của các thành phần vật liệu W và Pb sử dụng trong đầu máy gia tốc xạ trị có thể tương tác với hạt nhân của những vật liệu có điện tích hạt nhân lớn và phát ra neutron nhanh. Nếu năng lượng photon trong phản ứng (γ, n) lớn hơn năng lượng liên kết của neutron ngoài cùng trong hạt nhân nguyên tử, ngưỡng năng lượng liên kết của neutron E_{th} có thể tính được 7.41 MeV với phản ứng $W^{184}(\gamma, n)W^{183}$ và 7.19 MeV với phản ứng $W^{186}(\gamma, n)W^{185}$ khi bia Tungsten được sử dụng.

Như vậy rất nhiều khả năng là những neutron này có thể tán xạ trong phòng điều trị và tới được vị trí bệnh nhân. Một dòng neutron nhỏ cũng có thể tác động nguy hiểm tới bệnh nhân bởi neutron có chỉ số gây ra hiệu ứng sinh học cao hơn photon rất nhiều. Khi liều photon cao hơn, khoảng 50 Gy tại isocenter, một lượng đáng kể neutron được sinh ra từ phản ứng quang hạt nhân. Neutron nhanh sinh ra tăng nhanh theo năng lượng của photon làm nhiễm bẩn trường chiếu và ảnh hưởng đến liều điều trị của bệnh nhân. Như vậy việc xác định được liều sinh ra trong phản ứng quang hạt nhân ảnh hưởng tới các cơ quan nguy cấp trong xạ trị là việc quan trọng và có ý nghĩa trong thiết kế che chắn, bảo vệ bệnh nhân trong xạ trị.

Hiện nay để tính toán liều neutron trong phòng máy gia tốc xạ trị đã có rất nhiều nghiên cứu trên thế giới được tiến hành, các nghiên cứu được chia theo hai phương pháp. Phương pháp thứ nhất là sử dụng các phần mềm mô phỏng với code tính toán Monte Carlo để tính toán phân bố liều neutron, sau đó đo đạc liều neutron tại một số điểm để xác nhận lại kết quả mô phỏng. Hướng nghiên cứu thứ hai là trực tiếp đo phân bố liều neutron trong phòng máy gia tốc xạ trị năng lượng cao, từ đó tính toán phân bố neutron tại toàn bộ phòng máy gia tốc xạ trị.

Tiêu biểu cho mô phỏng phân bố neutron trong phòng máy LINAC là nghiên cứu của Hong Suk KIM^[4] và cộng sự được thực hiện ở trung tâm an toàn bức xạ Hàn Quốc năm 2006, nghiên cứu được thực hiện với máy gia tốc của hãng Varian với hai mức năng lượng photon được nghiên cứu là 10 MV và 15 MV. Sử dụng công cụ mô phỏng Monte Carlo MCNPX, nhóm nghiên cứu đã thu được kết quả: liều neutron đạt cực đại với trường chiếu photon là $20 \times 20 \text{ cm}^2$ và năng lượng neutron tại isocenter của máy gia tốc là 0,38 MeV và 0,45 MeV tương ứng với hai mức năng lượng photon là 10 MV và 15 MV. Kết quả tính thông lượng neutron của nhóm nghiên cứu là $3,5 \times 10^6 \text{ n.cm}^{-2}.\text{Gy}^{-1}$ và $8,7 \times 10^6 \text{ n.cm}^{-2}.\text{Gy}^{-1}$ tương ứng với hai mức năng lượng 10 MV và 15 MV.

Năm 2014, nhóm nghiên cứu của H. Yucel^[6] và cộng sự đã tiến hành đo thông lượng neutron trong một phantom nước trên máy gia tốc Varian, năng lượng 18 MeV, nghiên cứu được thực hiện tại trung tâm xạ trị thuộc trường đại học Suleyman Demirel, Thổ Nhĩ Kỳ. Bằng phương pháp kích hoạt lá dò vàng, nhóm nghiên cứu đã tiến hành đo thông lượng neutron với các trường chiếu khác $10 \times 10 \text{ cm}^2$; $15 \times 15 \text{ cm}^2$; $20 \times 20 \text{ cm}^2$ với ba mức năng lượng photon là 10 MV, 15 MV và 18 MV, vị trí đo là tại isocenter của máy gia tốc xạ trị (vị trí cách bia của máy gia tốc xạ trị 1m). Với trường chiếu $20 \times 20 \text{ cm}^2$ thông lượng neutron đo được là $(1,17 \pm 0,06) \times 10^7 \text{ n/cm}^2$ trên mỗi Gy liều photon. Liều neutron đạt cực đại tại độ sâu 5cm và có giá trị $0,67 \pm 0,04 \text{ mSv/Gy}$.

Tại nước ta, máy gia tốc xạ trị đã bắt đầu đưa vào điều trị bệnh nhân gần 20 năm, tuy nhiên, hiện vẫn chưa có nghiên cứu nào được công bố về thông lượng neutron trong phòng máy gia tốc xạ trị. Chúng tôi thực hiện nghiên cứu này với mục đích xác định phân bố thông lượng neutron trong phòng máy gia tốc xạ trị. Kết quả nghiên cứu được đưa vào trong tính liều điều trị và liều tới các cơ quan lành của bệnh nhân, giúp nâng cao hiệu quả điều trị và giảm các tác dụng phụ tới bệnh nhân.

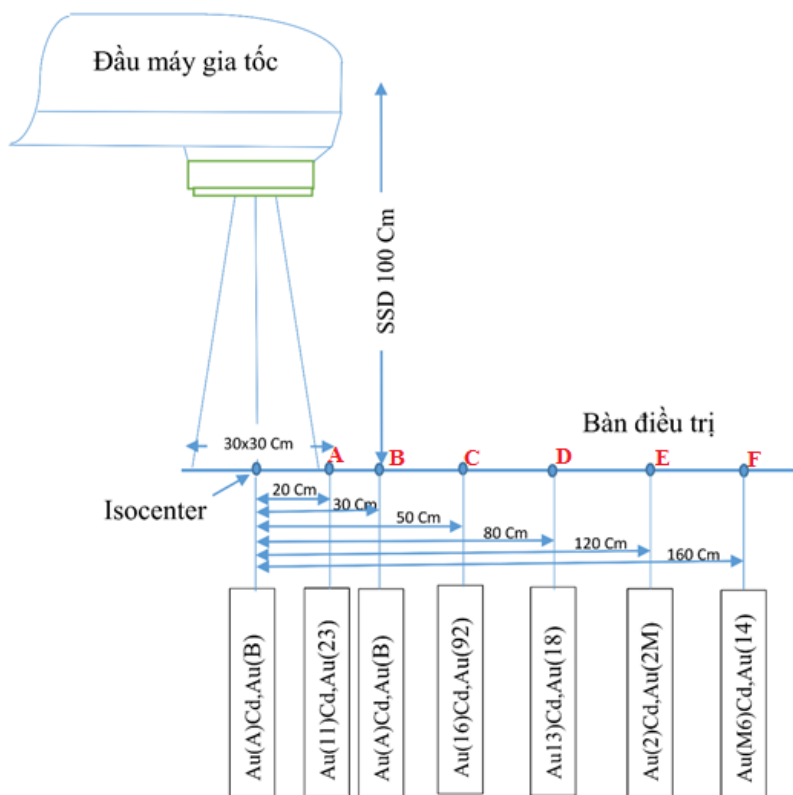
II. NỘI DUNG

II.1. Đối tượng và phương pháp

Máy gia tốc xạ trị được khảo sát là Varian Model CX được xuất xưởng và đưa vào vận hành năm 2013 tại Bệnh viện TWQĐ 108. Máy có thể phát 2 mức năng lượng photon 6 MV, 15 MV và 5 mức năng lượng electron 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 15 MeV, 18 MeV.

Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng kỹ thuật kích hoạt lá dò, đây là một phương pháp có độ tin cậy cao để đo đóng góp của neutron nhiệt và trên nhiệt trong phòng gia tốc điều trị. Trong phạm vi của nghiên cứu này, đồng vị được theo dõi ^{197}Au được sử dụng để đo thông lượng neutron (neutron nhiệt và trên nhiệt) tương ứng với mỗi Gy tia X máy phát ra ở khoảng cách 100 cm tính từ nguồn với máy gia tốc sử dụng năng lượng 15 MV.

Sơ đồ bố trí thực nghiệm được thể hiện qua hình 1



Hình 1. Sơ đồ bố trí các lá dò và ký hiệu mẫu kích hoạt

Các lá dò được bố trí dọc theo trục đồng tâm của bàn điều trị, khoảng cách từ nguồn đến mặt bàn điều trị (SSD: Source to Surface Distance) là 100 cm, tại mỗi vị trí chiếu bao gồm 02 lá Au có bọc và không bọc hộp cadmi. Độ dày hộp bọc Cadmi là 0.508 mm. Các lá dò vàng được sử dụng là lá dò ngưỡng của hãng Shieldwrx (USA), các đặc tính phản ứng và đặc trưng kỹ thuật được thể hiện ở bảng 1 và bảng 2

Bảng 1. Đặc tính lá dò Au sử dụng

Phản ứng	Ngưỡng năng lượng phản ứng (eV)	Tiết diện phản ứng	Thời gian bán rã $T_{1/2}$	Năng lượng γ (keV)	Xác suất phát γ (%)
$^{197}\text{Au}(n,\gamma)^{198}\text{Au}$	Tất cả các mức năng lượng	98.8 ± 0.3 b	2.6943 ngày	411.8	95.62
$^{197}\text{Au}(n,\gamma)^{198}\text{Au}$	Cộng hưởng (>4.906 eV)	1551 ± 13 b	2.6943 ngày	411.8	95.62

Bảng 2. Ký hiệu và đặc trưng kỹ thuật của các lá dò Au sử dụng trong thí nghiệm

Foils Tham số	Au(2)	Au(3)	Au(92)	Au(14)	Au(M6)	Au(A)	Au(B)	Au(18)	Au(2M)	Au(16)	Au(11)	Au(23)
Đ.Kính (mm)	10	10	10	10	10	12.7	12.7	10	10	10	10	10
Khối lượng(gam)	0.204	0.171	0.116	0.193	0.113	0.124	0.124	0.210	0.118	0.171	0.121	0.174

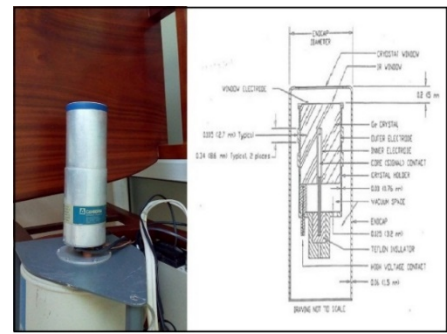
Thông số chiều và thời gian đo:

Thời gian chiếu đối với các lá dò là 11.6 phút, năng lượng photon 15MV, trường chiếu 30cmx30cm, suất liều 600 MU/phút, tổng liều phát 7000 MU (70Gy), SAD 100cm.

- Thời điểm bắt đầu chiếu: 12h50 ngày 23 tháng 11 năm 2017.

- Thời điểm ngừng chiếu: 13h01 ngày 23 tháng 11 năm 2017.

Trong thí nghiệm này chúng tôi sử dụng hệ phổ kế gamma phân giải cao Detector HPGe Canberra GC1520 của Viện Hóa học – Môi trường quân sự/BCHH.



Hình 2. Hệ phổ kế gamma phân giải cao HPGe Canberra GC1520

II.2. Kết quả

Từ các phổ gamma sau khi xác định diện tích đỉnh phổ và áp dụng các công thức tính thông lượng neutron tổng và neutron nhanh thu được kết quả thông lượng neutron như sau

Bảng 3. Kết quả tính thông lượng neutron theo chiều dọc của bàn điều trị

Vị trí	Lá dò	T.gian chiếu (s)	T.gian rã (s)	T. gian đo (s)	diện tích đỉnh (cnt.)	sai số (%)	thông lượng (n/cm ² /s)	sai số (%)
Isocenter Đo T8	Au(B)Cd	699,6	82	3600	828	8,19	$3,97 \times 10^3$	8,76
	Au(A)	699,6	62,4	3001,85	1306	5,08	$1,19 \times 10^5$	5,91
Điểm A 20cm	Au(11)Cd	699,6	104340	7200	4436	2,77	$1,49 \times 10^4$	4,17
	Au(23)	699,6	96240	7200	40848	0,59	$1,46 \times 10^6$	3,07
Điểm B 30cm	Au(B)Cd	699,6	83940	3600	5609	1,94	$3,45 \times 10^4$	3,67
	Au(A)	699,6	76200	3001,85	20264	0,87	$2,32 \times 10^6$	3,14
Điểm C 50cm	Au(92)Cd	699,6	68700	7200	2149	3,9	$6,77 \times 10^3$	4,99
	Au(16)	699,6	61380	7200	10156	1,37	$3,33 \times 10^5$	3,31
Điểm D 80cm	Au(18)Cd	699,6	43680	7200	59414	0,45	$9,60 \times 10^4$	3,15
	Au(13)	699,6	36360	7200	76498	0,39	$2,33 \times 10^6$	3,04
Điểm E 120cm	Au(2)Cd	699,6	21600	7200	9955	1,38	$1,55 \times 10^4$	3,41
	Au(2M)	699,6	28920	7200	43208	0,55	$1,87 \times 10^6$	3,07
Điểm F 160cm	Au(14)Cd	699,6	13860	7200	10251	1,44	$1,65 \times 10^4$	3,43
	Au(M6)	699,6	6300	7200	17447	1,06	$7,35 \times 10^5$	3,20

Để thử nghiệm che chắn liều neutron không mong muốn được tạo ra trong quá trình xạ trị cho bệnh nhân, chúng tôi thử nghiệm cấu hình che chắn là meka và hỗn hợp paraffin và Boron với tỉ lệ Boron/Paraffin là ¼. Vị trí đo là điểm A cách Isocenter 20cm theo trục y. Kết quả phân tích được chỉ trên bảng 4, tỉ số suy giảm neutron so với không che chắn được cho ở bảng 5 và biểu đồ hình 3.

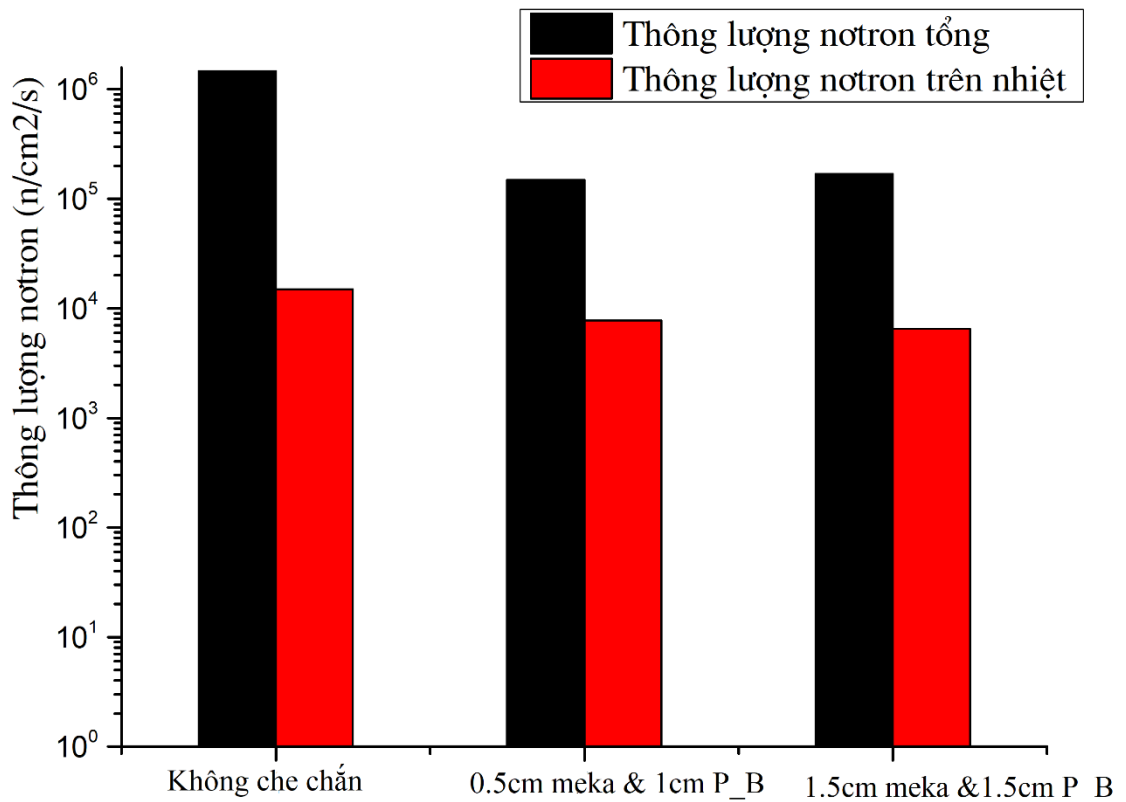
Bảng 4. Kết quả che chắn thử nghiệm neutron với meka, hỗn hợp paraffin + Boron tại vị trí cách isocenter 20cm.

Cấu hình che	Lá dò	Thời	Thời	Thời	diện	sai số	thông	sai số
--------------	-------	------	------	------	------	--------	-------	--------

		gian chiếu	gian rã	gian đo	tích đỉnh	(%)	lượng	(%)
0,5cm meka& 1cm P_B	Au-18	699,6	65530	5000	3853	2,84	$1,49 \times 10^5$	4,14
0,5cm meka& 1cm P_B boc Cd	Au-16	699,6	22150	5000	2900	3,39	$7,74 \times 10^3$	4,6
1,5cm meka& 1,5cm P_B	Au-23	699,6	32771	5000	3941	2,58	$1,68 \times 10^5$	3,97
1,5cm meka& 1,5cm P_B	Au-14	699,6	45324	5000	2576	3,73	$6,53 \times 10^3$	4,86

Bảng 5. Tỷ số suy giảm neutron khi có che chắn so với không che chắn tại vị trí cách Isocenter 20cm.

Cấu hình che	Loại neutron	Thông lượng	Hệ số suy giảm $I = \Phi_{\text{che chắn}} / \Phi_{\text{không che chắn}}$
Không che chắn	Neutron tổng	$1,46 \times 10^6$	-
	Neutron trên nhiệt	$1,49 \times 10^4$	-
0,5cm meka& 1cm P_B	Neutron tổng	$1,49 \times 10^5$	0,102
0,5cm meka& 1cm P_B boc Cd	Neutron trên nhiệt	$7,74 \times 10^3$	0,53
1,5cm meka& 1,5cm P_B	Neutron tổng	$1,68 \times 10^5$	0,115
1,5cm meka& 1,5cm P_B boc Cd	Neutron trên nhiệt	$6,53 \times 10^3$	0,447



Hình 3. So sánh sự suy giảm thông lượng neutron khi có che chắn so với không che chắn tại vị trí cách Isocenter 20cm.

Các kết quả trên cho thấy rằng sự suy giảm thông lượng neutron trên nhiệt trở nên đáng kể so với thông lượng neutron tổng theo chiều dày của lớp vật liệu che chắn.

II.3. Bàn luận

Kết quả thu được từ nghiên cứu cho thấy thông lượng neutron tại phòng máy gia tốc điều trị là đáng kể và cần được tính đến trong quá trình tính toán liều điều trị và liều an toàn với các cơ quan lành của bệnh nhân.

Kết quả thu được của một số hệ che chắn cho thấy việc giảm liều neutron cho bệnh nhân là khả thi, tuy nhiên hệ che chắn có kích thước lớn và chưa phù hợp cho sử dụng thường quy.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài là thiết kế những hệ che chắn neutron tốt hơn để vẫn đảm bảo khả năng giảm liều neutron đồng thời kích thước nhỏ gọn và không làm ảnh hưởng đến liều điều trị của bệnh nhân.

III. KẾT LUẬN

Trên thế giới đang có những nghiên cứu về trường neutron ở khu vực máy gia tốc xạ trị. Do trường neutron này là mang tính cụ thể với từng phòng xạ trị nên nghiên cứu này cần được triển khai ở Việt Nam cho từng phòng máy gia tốc xạ trị. Kết quả thu được từ nghiên cứu cho thấy thông lượng bức xạ neutron trong phòng điều trị là đáng kể và cần được tính đến trong quá trình điều trị. Kết quả suy giảm neutron thu được từ một số hệ che chắn thử nghiệm cho thấy tính khả thi trong giảm liều neutron cho bệnh nhân trong quá trình điều trị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hashemi, S.M., et al., *Measurement of Photo-neutron Dose Produced by Wedge Filters of a High Energy Linac Using Polycarbonate Films*. Journal of Radiation Research, 2008. **49**(3): p. 279-283.
2. Gordon Gilmore; John D. Hemingway (1995), *Practical Gamma Ray Spectroscopy*.
3. K. H. Beckurts, K. Wirtz (Auth.) (1964), *Neutron Physics*.
4. Kim, H.S. and J.K. Lee, *Assessment and Measurement of the Photo-neutron Field Produced in the Varian Medical Linear Accelerator*. Journal of Nuclear Science and Technology, 2007. **44**(1): p. 95-101.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE NEUTRON FLUX DISTRIBUTION IN VARIAN CX LINAC AT 108 MILITARY CENTRAL HOSPITAL

Abstract: This study was performed to determine the neutron flux distribution at different positions on the treatment table with gold foil activation method at the Varian CX treatment room, using an energy level of 15 MV at 108 Military Central Hospital. Research results: neutron flux along the treatment table is about $3,97 \times 10^3$ to $2,33 \times 10^6$ $n/cm^2/s$. The results are used as data to calculate the dose of neutrons affecting the patient to improve the quality of treatment.

Keywords: *radiation therapy, neutron flux*