医療用直線加速装置における中性子線遮蔽について（横田・遠山・久保他）

ノ ー ト

医療用直線加速装置における中性子線遮蔽について

高知医科大学医学部附属病院放射線部

横 田 典 和・遠 山 坦 彦・久 保 嘉 彦・山 本 登
畠 山 高 志・鈴 木 敦 雄・下 司 博 之・赤 木 直 樹
沖 野 和 弘・柳 瀬 正 和・森 田 尚 亨・田 和 誠
原 坂 仁 詞

（論文受理 1984年 2 月23日）

（最終論文受理 1984年 4 月20日）

（Code No. 43121, 51410）

Key words: Linear accelerator, Neutron, Leakage radiation dose, Polyethylene, Dosimetry.

PROTECTION AGAINST NEUTRON LEAKAGE FROM LINEAR ACCELERATOR

NORIKAZU YOKOTA, YASUHIKO TOYAMA, YOSHIHIKO KUBO, NOBORU YAMAMOTO,
TAKASHI HATAKEYAMA, ATSUO SUZUKI, HIROYUKI GESHI, NAOKI AKAGI,
KAZUHIRO OKINO, MASAKAZU YANASE, NAOYUKI MORITA, MAKOTO TAWA
and HITOSHI HARASAKA

Department of Radiology, Kochi Medical School Hospital

（Article received; Feb., 23, 1984.）

Summary

For protection against radiation leakage of neutrons, which is derived from a linear accelerator, polyethylene pannel of 20 mm thickness containing 10% B₂O₃ was placed inside the door of a radiotherapy room.

This made it possible to diminish the leakage of neutrons by about 70%.

Using various protective materials, containing boron and polyethylene mixed in different ratios, the effect of leakage reduction was studied. But in all cases, the results were essentially the same.

1. はじめに

医療用直線加速装置使用室の防護扉外側において、医療用直線加速装置より発生する中性子線の漏洩とその遮蔽対策の報告が多数の施設から出されている^{1)~8)}。これ

らの報告による漏洩線量は、装置、施設の構造等の違いにより異なった結果が示されている。すなわち、1)迷路の長さおよび幅、2)遮蔽材、3) X線ターゲットの材質等により影響を受ける。

当病院では、X線エネルギー 10 MV の直線加速装置

の設置に際して中性子線の漏洩を遮蔽する目的で、治療室入口扉 (5 mmPb) の内側に B_2O_3 を10%混入した厚さ 20 mm のポリエチレン板を取り付けた。遮蔽材としてポリエチレンを用いた例が少ないので、その遮蔽効果について報告する。

2. 直線加速装置および測定器

直線加速装置: 三菱 ML-15MIII (ターゲット Pt 1 mm×1 mmφ)

中性子測定器: Neutron Dose Rate Meter 2202D (Studsvik)

散乱X線測定器: γ -ray Ion Chamber Survey Meter (Aloka)

3. 測定方法

3.1 漏洩線量

治療室入口扉より 13 cm 外側 (Fig. 1 A点), 高さ 94 cm に中性子測定器と散乱X線測定器を並べて設置した。直線加速装置の照射ヘッド位置は, Fig. 1 に示す 0° , 90° , 180° , 270° , と変化させた。また, 可動絞りは全開時 (30 cm×30 cm) と全閉時について, それぞれ治療室入口扉全開時と全閉時に, X線出力 2.5 Gy/min (モニタ線量計) での漏洩線量の測定を行った。線量は中性子線では測定器のカウント数を μSvh^{-1} に変換し, X線では測定器の指示値を μSvh^{-1} で表示する。

3.2 中性子遮蔽材のホウ素含有量の違いによる効果

治療室入口扉より 4 m 奥の迷路中 (Fig. 1 B点) の高さ 94 cm に中性子測定器の前面を迷路奥側に向け, 中性子測定器の前面を除く周囲 5 面を厚さ 60 mm のポリエチレンで覆い, 前面遮蔽材として下記の1)~7)の材質を用いた。そしてそれぞれ遮蔽材について厚さを, 0 mm, 20 mm, 40 mm, 60 mm と変え, 中性子測定器のカウン

Fig. 1. Layout of radiotherapy room and measuring point of radiation leakage.

ト数の測定を行った。

使用遮蔽材

- 1) ポリエチレン
- 2) ポリエチレン+ B_2O_3 5%
- 3) ポリエチレン+ B_2O_3 10%
- 4) ポリエチレン+ B_2O_3 15%
- 5) ポリエチレン+ B_4C 5%
- 6) ポリエチレン+ B_4C 10%
- 7) ポリエチレン+ B_4C 15%

Table 1 にこれらの遮蔽材の原子量の割合を示す。

Table 1. Ratio of atomic weight in protective materials to neutrons.

	C_2H_4 (%)		B_2O_3 (%)			B_4C (%)		
	C	H	B		O	B		C
			^{10}B	^{11}B		^{10}B	^{11}B	
Polyethylene	85.70	14.30	—	—	—	—	—	—
Polyethylene (95%)+ B_2O_3 (5%)	81.43	13.57	0.31	1.24	3.45	—	—	—
Polyethylene (90%)+ B_2O_3 (10%)	77.10	12.90	0.60	2.50	6.90	—	—	—
Polyethylene (85%)+ B_2O_3 (15%)	72.86	12.14	0.92	3.73	10.34	—	—	—
Polyethylene (95%)+ B_4C (5%)	81.43	13.57	—	—	—	0.78	3.13	1.09
Polyethylene (90%)+ B_4C (10%)	77.10	12.90	—	—	—	1.57	6.26	2.17
Polyethylene (85%)+ B_4C (15%)	72.86	12.14	—	—	—	2.35	9.39	3.26

医療用直線加速装置における中性子線遮蔽について (横田・遠山・久保他)

Table 2. Leakage dose at the door of radiotherapy room.

Head Position		Neutron [μSvh^{-1}]				X-ray [μSvh^{-1}]				Total [μSvh^{-1}]			
		0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
Door Open	Jaw Open	10.9	8.7	10.1	12.0	8.4	18.2	10.2	11.2	19.3	26.9	20.3	23.2
	Jaw Close	12.4	9.1	13.0	14.1	4.9	4.9	4.9	5.3	17.3	14.0	17.9	19.4
Door Close	Jaw Open	2.7	2.4	2.8	3.3	1.1	1.7	1.0	1.3	3.8	4.1	3.8	4.6
	Jaw Close	3.6	2.5	3.4	3.8	1.1	1.1	1.0	1.3	4.7	3.6	4.4	5.1

4. 結果および考察

4.1 漏洩線量

直線加速装置より発生する中性子線は、X線ターゲットより発生した高エネルギーX線が照射ヘッド部の重元素と光核中性子反応を起こすことにより発生すると言われている^{9)~11)}。われわれの測定結果もそれを示しており、X線ビーム中に重元素が存在すると中性子線が増加する。すなわち、可動絞りは閉時の方が漏洩中性子線量は多くなっている。また照射ヘッド位置による漏洩線量は Fig. 1 に示したように照射ヘッドが治療室入口扉に最も近く 270° の位置で最大となっている (Table 2)。治療室入口扉を閉じる通常の使用状態では、漏洩最大の点で中性子線が $3.8 \mu\text{Svh}^{-1}$ 、X線は $1.7 \mu\text{Svh}^{-1}$ 、総線量では $5.1 \mu\text{Svh}^{-1}$ となり、X線よりも中性子線の漏洩が多い。測定時の扉は 5 mm 厚の鉛を含んだ鉄扉内側に B_2O_3 を 10 % 混入したポリエチレン板 20 mm を貼り付けたものである。その遮蔽効果をみると、中性子線発生量の多くなる可動絞りを閉じた状態で漏洩中性子線は約 70% 程度少なくなっている。

4.2 中性子遮蔽材のホウ素含有率による効果

ポリエチレン中に含まれるホウ素の量、並びに遮蔽材の厚さによる減弱をみると、ホウ素含有率による変化はほとんど認められず、第 1 半価層約 10 mm で厚さの増加と共に減弱していくことが判明した。治療室迷路における中性子線の遮蔽方法は、水素多含有物質により減速、熱中性子化させ、熱中性子吸収断面積の大きな物質で吸収、 γ 線変換させる考え方に基づき¹²⁾¹³⁾熱中性子に対する吸収断面積の大きいホウ素を混入させた。しかし実際は、治療室迷路における中性子の大部分が速中性子であるため¹¹⁾、ホウ素の含有率はほとんど関係しないことが Fig. 2 よりわかる。一方、遮蔽材の厚さが効果的であることから明らかである。しかし、その厚さをいくらにすればよいかについては、本実験の中では結論が見られない。現実問題として厚さを決定するには幾つかの因子を

Fig. 2. Attenuation curve of neutron particles showing dependency on boron ratio.

総合的に加味しなければならないだろう。当病院は扉に付加可能な間隙が物理的に 20 mm と決まっており、かつ法令に見合った漏洩におさまっていることより 20 mm のポリエチレン板を内側に追加、貼布した。

5. 結 論

中性子遮蔽材ポリエチレン+ B_2O_3 10% (20 mm) により漏洩中性子線量は 70% 程度減少した。しかしまだ X 線より多い中性子線の漏洩がある。遮蔽材は厚いほど有効であるが、扉の構造上、当病院では厚さ 20 mm とした。ホウ素の含有率による遮蔽効果が明確でなく、本実験からは B_2O_3 を混入した遮蔽材でなくてもポリエチレンの

みの遮蔽材で良いという結論を得た。

測定器等の貸与を願った三菱電機(株)藤内武徳氏および同社関係各位に、また助言、校閲いただいた当放射線部、前田知穂部長に深く感謝いたします。

本報告の要旨は、第24回中国、四国部会にて発表したもので、座長よりも論文化を薦められていたものである。

文 献

- 1) 三枝健二, 有水 昇: 10 MV Linac X線治療室, 出入口付近の漏洩中性子線測定. 日本医放物理会誌, **3**(2), (1983).
- 2) 山口成厚, 阿部勝彦, 清水芳治: 10 MV 医療用直線加速器からの漏洩放射線について—第2報, 加速器ヘッド部分からの中性子漏洩と治療室内中性子線量当量およびフルエンス分布. 日放技学誌, **39**(1), (1983).
- 3) 橋本恵次, 近藤康雄, 森岡康範, 他: 漏洩中性子線しゃへい材の検討. 第39回日放技会総会予稿集, (1983).
- 4) 阿部勝彦, 背戸田正利, 川幡博志, 他: 医用直線加速器使用室の中性子遮蔽. 第39回日放技会総会予稿集, (1983).
- 5) 大竹英則, 小山一郎, 宮沢康志, 他: リニアック 10 MV X線照射室の漏洩中性子線の遮蔽について (第3報). 第39回日放技会総会予稿集, (1983).
- 6) 阿部勝彦, 清水治芳, 山口成厚: 迷路における中性子線量当量率の変化とアクリル板による遮蔽実験. 第38回日放技会総会予稿集, (1982).
- 7) 古家輝夫, 五十嵐公彦, 渡辺良晴, 他: Linac 治療室の中性子しゃへいドアについて. 第38回日放技会総会予稿集, (1982).
- 8) 阿部勝彦, 清水治芳, 山口成厚, 他: 医用直線加速器におけるターゲット物質の違いによる中性子発生量の差. 第39回日放技会総会予稿集, (1983).
- 9) 中村尚司: 中性子計測・モニタリングの方法と問題点. RADIOISOTOPE, **31**(3), (1982).
- 10) 伊藤 彬: 医療用加速器からの漏洩中性子線の測定. フィルムバッヂニュース, No. 98, 1-7, (1981).
- 11) 放射線治療技術委員会漏洩中性子線測定班: 医用直線加速器からの漏洩中性子線の測定とその対策. 日放技学誌, **39**(6), (1983).
- 12) 西野 治, 関口 晃: プライス放射線計測. コロナ社.
- 13) 古林 徹, 神田啓治: 繊維状中性子遮蔽材の開発とその利用. ISOTOPE news 2, No. 344, (1983).
- 14) 山口成厚, 阿部勝彦, 清水治芳: Neutron Dose Rate Meter 2202D (Studsvik) の光子バイラルアップ. 第38回日放技会総会予稿集, (1982).