

電子線全身照射法の検討

中 桐 義 忠¹⁾ 稲 村 圭 司²⁾ 三 宅 英 昭¹⁾ 田 原 誠 司²⁾
三 村 誠 一²⁾ 江 草 具 視²⁾ 三 上 泰 隆²⁾ 山 田 俊 治¹⁾
杉 田 勝 彦¹⁾ 平 木 祥 夫²⁾

Total Skin Electron Beam Therapy

Yoshitada NAKAGIRI¹⁾, Keiji INAMURA²⁾, Hideaki MIYAKE¹⁾, Seiji TAHARA²⁾,
Seiichi MIMURA²⁾, Tomomi EGUSA²⁾, Yasutaka MIKAMI²⁾, Toshiharu YAMADA¹⁾,
Katsuhiko SUGITA¹⁾ and Yoshio HIRAKI²⁾

The peripherally T-cell lymphoma; Mycosis fungoides etc, has the good radiation sensitivity, and has been adapted for total skin electron beam therapy.

In this study the pendular irradiation method was used for the purpose of total skin electron beam therapy in Mycosis fungoides, and physical data on the radiation field and the electron beam energy were useful clinically.

Key Words : 電子線全身照射法, 菌状息肉症, 全身性皮膚疾患

緒 言

皮膚 T 細胞リンパ腫 (CTCL), 成人 T 細胞白血病・リンパ腫 (ATL), IBL 様 T 細胞リンパ腫など皮膚に限局した末梢型 T 細胞リンパ腫は, 放射線の感受性が高く, しばしば電子線治療の適応となる疾患である。しかし, これら全身性の疾患に対する電子線治療において, 腫瘍がたとえ限局性であっても小さい照射野で腫瘍のみを照射した場合, 照射野外からの再発が多く, いわゆる「もぐら叩き」となるケースが多い。筆者らは以前, 電子線治療において広範囲照射野が必要な場合の照射法として「電子線振子照射法」, 「電子線ムービングストリップ法」を発表したが^{1), 2)}, 今回, 全身を一度に照射する電子線全身照射法の適応である菌状息肉症の患者に遭遇し, その治療を行うため基礎データを測定した。患者は全身の皮膚に

発疹, 腫瘍形成が認められ, 最大必要深度は1.5cmと判断された。本症に対する電子線全身照射法は1960年代後半から数多くの報告がなされているが^{3)~8)}, われわれは照射野とエネルギー低減などに関する方法について若干の工夫を施し, その結果について検討したので報告する。

使用機器および材料

電子線照射装置 : 東芝製 Linac LMR-15A
線量測定装置 : Ionex 2500/3型
Probe : 0.6cc指頭型、
0.03cc shallow 型
平坦度測定装置 : 7000型 THEEBUS
Phantom : Mix-DP
Scatarer : 塩化 Vinyl 板

¹⁾ 岡山大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

²⁾ 岡山大学医学部附属病院中央放射線部

方法および結果

1. 照射野について

現在放射線治療に用いられている Linear Accerlator (以下 Lineac) の照射野は、100cmの距離において最大30×30cmしか開かない装置が多い。4門または6門の多門全身照射を行う場合、手を挙上する関係から照射野は最大200cmの長さが必要である。単純に固定照射で治療を行なう場合、少なくとも、7m近くの距離が必要で、放射口を横に向けても一般の治療室ではこれだけの距離は取れない。過去の報告ではこのことに関して、照射野を何分割かに分けて照射する方法、患者を床に寝かせビームを斜入射する方法⁶⁾、またはモーターを使って治療台を定速で動かす方法、患者を床上に寝かせガントリーを振りさせる方法⁷⁾等が試みられているが、患者の体内線量分布において各々一長一短がある。われわれは図1に示すように患者を照射室内に立たせ、装置のカントリーを動かす、いわゆる振り照射法を採用し、振り角度およびスピードと照射線量の関係について測定した。

図1に示すような配置で振り照射を行なった場合、ガントリーが上から下に下がる時、患者は足の方から順次頭の方へ照射されることになる。この時の患者のある部位が受ける照射線量はガントリーの移動速度、装置の出力線量、照射野、距離に関係する。これらの諸条件は装置の性能等によって制限を受けることが多い。振り照射の場合、患者の受ける線量はガントリーの移動速度が遅い程、出力線量が多い程、および照射野が広い程多くなる。われわれの行なった線量測定の場合は移動速度 0.136round/min (最低)、出力線量 0.1548C/kg/min (600R/min)、照射野30cm×30cm (最高)、距離300cmで距離が離れることに起因する線量の低下をできるだけ少なくする条件とした。

測定器として Ionex 2500/3, Probe 0.6ccを Mix-DP phantom に埋め込んだものを使用した。図2に示すような幾何学的配置で、測定点を床上100cmを0とし、天井側を100cmまで4点、床側を6点とした。また、横方向には中心より右へ38cm

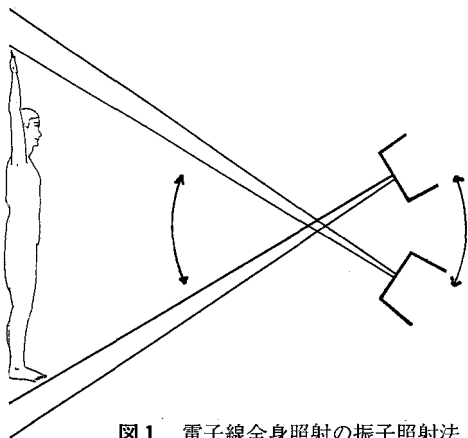


図1 電子線全身照射の振り照射法

まで5点とした。照射野に足が入らない角度から照射を始め、頭側が完全に照射野から外れる角度(120度)までガントリーを回転させ、各点の線量を測定した。結果を表1および図3、4に示す。各点の線量は1回の回転運動で13~16cGyと低いものであったが、最大線量を100%とした場合の各点の線量の割合即ち照射野内平坦度は治療有効線量域である80%以内に納まった。

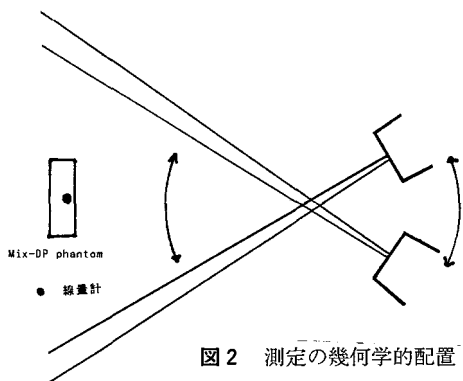


図2 測定の幾何学的配置

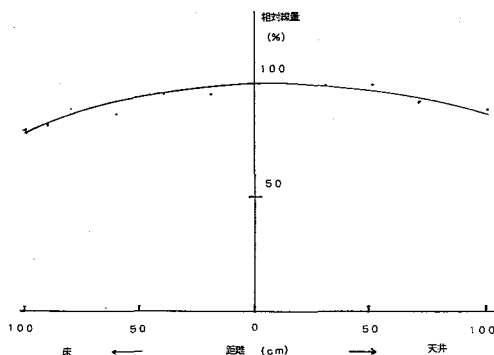


図3 振り照射時の照射野内平坦度(体軸方向)

表1 照射野内各点の線量とその相対値

	距離cm	線量	%
天井側	100	14.23	88.16
	70	14.74	91.33
	50	15.97	98.95
	30	15.90	98.51
	0	16.14	100
床	20	15.16	93.93
	40	15.17	93.99
	60	13.81	85.56
	80	14.20	87.98
側	90	13.01	80.61
	100	12.62	78.19

	距離cm	線量	%
中心より右側へ	0	14.96	100
	10	14.79	98.86
	20	14.27	95.39
	30	13.46	89.97
	38	12.55	83.89

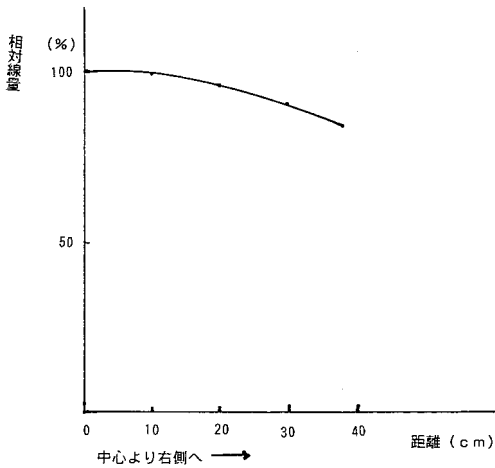


図4 振子照射時の照射野内平坦度(横方向,片側)

2. エネルギーについて

電子線はエネルギーによって飛程が違うことから、電子線治療では Target Volume の深さとエネルギーの関係が重要である。Target Volume の深さが浅く、照射装置の最低公称エネルギーより低いエネルギーが必要な場合の低減方法についての報告は著者らの報告も含めて数編あるが^{9)~11)}、全身照射のエネルギー低減方法で問題となるのは X 線混入率である。文献9で報告したように放射口に減速板を附加する方法は X 線混入率が高くなり、全身を照射する本法においては全身被曝による障害の面で問題がある。われわれは今回、X 線混入率を上げないで照射装置(東芝製 Linac

LMR-15A) の低限である 10MeV (治療有効領域深度3.3cm) より更にエネルギーを下げる方法として電子線用スキャッターを鉛から低原子番号の塩化 Vinyl 板に交換する方法を採用し、塩化 Vinyl 板の厚みを変化させた場合のエネルギー、出力線量およびビーム平坦度について測定し、結果を検討した。図5に示すような実験配置で、塩化 Vinyl 板の厚み 0 cm, 1 cm, 2 cm, 2.4cm について深部線量百分率(以下 PDD)を測定した。図6は測定した PDD 曲線であるが、塩化 Vinyl 板が厚くなる程曲線は左に移行し、エネルギーが低減していることを示している。また、X 線混入率は厚さが増すにつれ増加しているが、2.4cm 厚でも4.9%であり文献9の Acryl 2cm厚減速板を使用した場合の半分以下であった。この曲線の半価深から電子線のエネルギーを計算によって¹²⁾求めた。その結果を表2に示す。厚さが増すにつれてエネルギーは減少した。

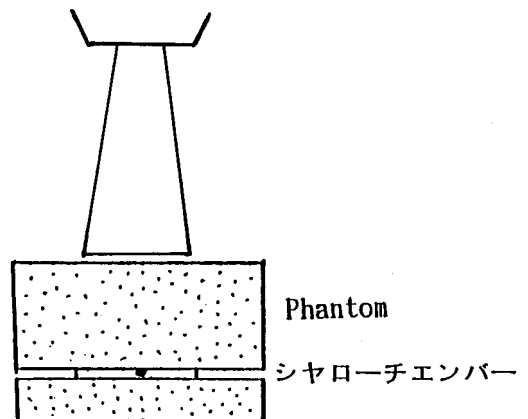


図5 PPD 測定の幾何学的配置

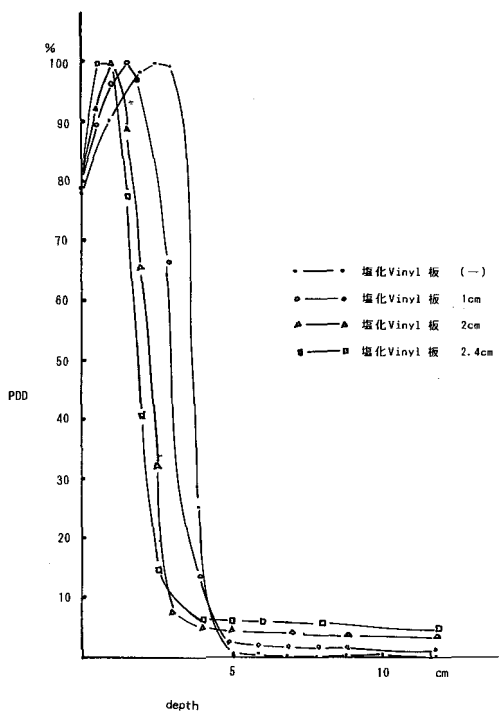


図6 スキャタラーを塩化 Vinyl 板にした場合の PPD 曲線

表2 塩化 Vinyl 板の厚さとエネルギーの関係

厚さ (cm)	0	1.0	2.0	2.4
エネルギー (MeV)	8.2	7.3	5.1	4.2

次に、スキャタラーを塩化 Vinyl 板にした場合のビーム平坦度に対する影響について調べた。図5と同じような幾何学的配置で、ビームフラットネスアナライザー (7000型 THEEBUS) を用い、固定1門照射の場合の平坦度を測定した。照射野は Mix-DP Phantom の大きさ (30cm×30cm) の関係で20cm×20cmとし、照射用コーンは使用しなかった。THEEBUS の測定条件は INTEGRATE MODE で Sample time 0.5sec, Total 60sec で行なった。結果を図7に示す。スキャタラーを外し、塩化 Vinyl 板を装着しない場合はペンシルビームで加速された電子束のまま放出されるので、中央の尖ったいびつなものとなったが、塩化 Vinyl 板 1 cm, 2 cm, 2.4cm と厚くなるに従い、照射野内

平坦度はよくなった。但し、コーンを付けていない関係から照射野外へのビームの広がりを示した。

考 察

以上の測定結果を臨床に当てはめて考察すると、全身をカバーするための照射野の拡大については、立位120度の振子照射法を採用することで解決した。エネルギーについては症例の Target Volume の深さが1.5cmであることから、その領域が80%治療有効域になる厚さ2.4cmの Vinyl 板を使用することが適当と考えられた。スキャタラーを塩化 Vinyl 板2.4cmとした場合の照射野内平坦度は治療有効領域とされている80%以上であり、実際の臨床に使用可能なものであった。但し、照射線量は距離が遠くなる関係で1行程 16.14cGy と少なくなり、一門 100cGy の照射を行うには7行程の振子が必要であり、1行程2分の所要時間として14分間、一日対向二門照射 200cGy を照射するには計28分という長い治療時間となる欠点があった。エネルギー低減について元来装置に装着されている鉛のスキャタラーを外し、加工しやすい2mm厚の Vin-eel 板を重ね合わせて使用することで自由なエネルギーとすることができた。また X線混入率が低くなり、ビーム平坦度も保て全身照射に使用可能なビームであると考えられる。患者を立位にして行なう本法は臥位で行なう文献7, 8の方法に比べ体位による皮膚の変化および移動が少なく、全身の皮膚をくまなく照射する必要のある本症に対しては有意な方法と考えられるが、残念なことに治療開始の前日、患者が死亡されたのでこのデータはまだ臨床には使用していない。

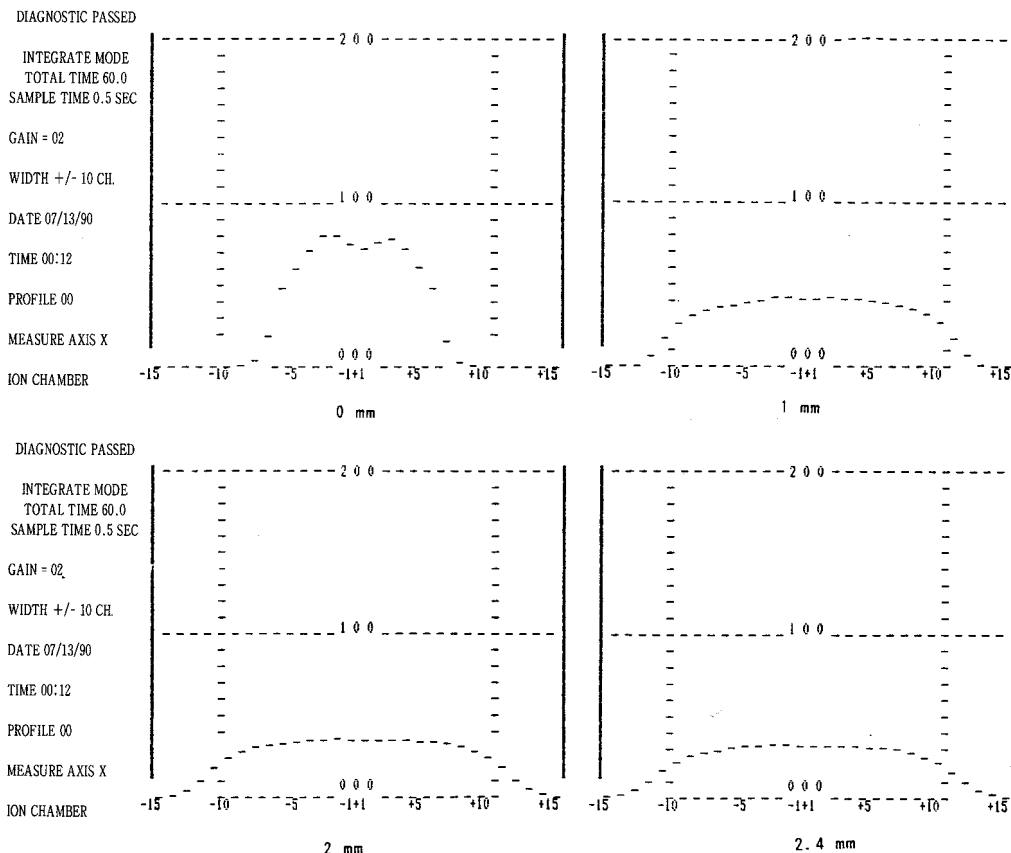


図7 塩化Vinyl板の厚さとビーム平坦度の関係

参考文献

- 1) 松島紀志夫・小栗宣博・若狭弘之・中桐義忠・三上泰隆・平木祥夫・木本 真・橋本啓二・青野 要・藤本 亘・小玉 肇：電子線光子照射法の検討。岡山医学会雑誌，96(11・12)：1063-1071，1984。
- 2) 松島紀志夫・若狭弘之・小栗宣博・北山卓一・中桐義忠・三上泰隆・橋本啓二・平木祥夫・青野 要：電子線 moving strip 法の試み。岡山医学会雑誌，96(11・12)：1175-1182，1984。
- 3) 柄川 順・梅垣洋一郎・石原和之：リニアアクセラレータによる電子線全身照射療法。癌の臨床，14(4)：353-358，1968。
- 4) 寺嶋廣美・山下 茂・石野洋一・末永義則：菌状息肉症に対する電子線全身皮膚照射。日本医学放射線学会雑誌，48(8)：1005-1012，1988。
- 5) 中嶋 弘・宮本秀明：皮膚の悪性リンパ腫。癌と化学療法，12(9)：1735-1743，1985。
- 6) 竹田照夫・村野喜彦・徳山孝子：菌状息肉症の電子線全身照射。日本放射線技術学会総会予稿集，247。
- 7) 広木昭則・成末彰博：BETATRON による全表面照射。第41回日本放射線技術学会総会予稿集，564，1985。
- 8) 高羽順子・玖島利男・升屋亮三・武田 均・齊藤温己・石見義夫：1門照射による6MeV Linac 電子による全表面照射法の線量評価。日本放射線技術学校総会予稿集，165，1985。
- 9) 中桐義忠・山田俊治・杉田勝彦・三上泰隆・大川義弘・稲村圭司・小栗宣博・永谷伊佐雄・則安俊昭・岡崎良夫・井上信浩・戸上 泉・平木祥夫：電子線治療時におけるエネルギー低減方法に関する検討。岡山医学会雑誌，102(1・2)：217-225，1990。
- 10) 高田卓雄・下新原茂・鈴木 徹：電子線全表面照射におけるX線混入率。第40回日本放射線技術学会総会予稿集，452，1984。
- 11) 吉浦隆雄・安井修己・二神恵津朗：電子線エネルギーの低減とX線の混入。第41回日本放射線技術学会総会予稿集，555，1985。
- 12) 川島勝弘・星野一雄：放射線治療における高エネルギーX線および電子線の九州線量の標準測定法。日本医学放射線学会物理部会，通商産業社，東京，111-116頁，1986。

要 約

皮膚に限局した一連の末梢型T細胞リンパ腫は放射線に対する感受性が高く、電子線治療の適応となる疾患である。これらの疾患は一般的に全身の皮膚に浸潤するため、治療に際しては Target Volume の深さに合わせた最小限のエネルギーで全身隈なく照射する必要がある。

筆者等は最近臨床で遭遇した菌状息肉症の患者を治療するため、その患者に合った物理的データを測定した。照射野の拡大には振子照射法を用い、エネルギー低減方法は装置に装備されている鉛のスクATTERを低原子番号で、しかも加工のしやすい塩化 Vinyl 板に交換する方法を工夫した。

データとして治療効果、副作用に関する線量率、エネルギー、及び照射野内平坦度について測定した結果、距離が長くなる関係から線量率が低下する全身照射法の欠点は解消できなかったが、エネルギー及び平坦度については使用可能なデータを得ることができた。

(1990年10月29日受理)