The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	全身照射の方法
Author(s)	安河内, 浩; 東, 静香; 奥畑, 好孝 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(7), p. 906-910
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19269
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

日本医放会誌：48（7），906—910，1988（昭63）

全身照射の方法

帝京大学医学部放射線科学教室
安河内　浩　　東　静香　　奥畑　好孝　　李・敬一
石岡　邦明　　村上　康二　　永井　純　　国安　芳夫

（昭和62年8月19日受付）
（昭和62年12月2日最終原稿受付）

A Method for Total Body Irradiation

Hiroshi Yasukochi, Shizuka Higashi, Yoshitaka Okuhata, Keiichi Lee,
Kuniaki Ishioka, Koji Murakami, Jun Nagai
and Yoshio Kuniyasu
Department of Radiology, Teikyo University School of Medicine

Research Code No. : 601

Key Words : Total body irradiation, Dosimetry, Thermoluminescence, Leukemia, Bone marrow transplantation

In these two years, we have treated four infant patietns of acute leukemia by Cobalt-60 total body irradiation and bone marrow transplantation. During total body irradiation, thermoluminescence dosimeters were attached to the skin of patients.

For four patients, nine dosimetries were performed. Reliability of this method was examined by phantom experiment.

Every irradiation for the patient per fraction was 2.4 Gy, that is, 60 cGy for each four positions, right decubitus A-P and PA directions and left decubitus A-P and PA directions under aseptic circumstances.

Radiation dose was uniform by this technique for each patient, and average determined dose for surface of the patients was between 87% and 106% compared with the air dose of the center of aseptic space (wagon).

As the result, we suggest that this method is suitable for the total body irradiation of acute leukemia of infant.

はじめに

全身照射については，以前より血液疾患等の治療に用いられており[1]，最近は主として急性白血病の骨髄移植に対する移植対宿主反応の予防に使われている[2)~4)]．照射については多線源を使用した居住空間をつくったもの[5]，単線源による遠隔照射[6]，複数線源による移動照射などが行なわれている[7]．

このような大規模な装置場所を使わずに，一般の照射装置を直接又は照射口の改良をして使った報告も少なくなく，最近はむしろこの方が一般的と考えられている[8)9)]．欧米においては既に多くの報告が出されているが，我が国においてはようやくその緒についた所と云えよう[10]．

帝京大学医学部付属病院においても，急性白血病患者の治療としての骨髄移植における拒絶反応や，移植対宿主反応の予防を目的として4例の全身照射を行なった[11]．その際体表に数mmのゴム

でカバーした熱ルミネッセンス線量計を貼付し，線量測定を行なったのでその結果を報告する．

症例及び方法

症例は急性非リンパ球性白血病2例，急性リンパ球性白血病2例で，偶々前者は妹よりの骨髄移植，後者は自己骨髄よりの移植となった．これらの臨床的な経過については既に報告されているが，第1例は7歳男子，急性骨髄性白血病で妹よりの骨髄移植を行ない全身照射後2年半で健在である[12)13)]．第2例は10歳女子，急性淋巴球性白血病で全身照射後自己骨髄移植を行なった．その後10カ月でヘルペスに感染，一時治癒したが，その頃より再発その後2カ月で死亡した[13)14)]．第3例は8歳女児，急性淋巴性白血病で自己骨髄移植後経過良好であったが，3カ月後に胸水の貯溜を認め治療を行なっていたが，その一週間後に突然死亡した[13)14)]．第4例は13歳女子，急性単球性白血病で，妹よりの骨髄移植後ヘルペスに感染したが治癒，全身照射の1年後に健在である[11)]．

照射はいずれも化学療法により完全寛解を得た時点で行なった．無菌ワゴン内（クリーンストレッチャーTI-10東洋熱工業ビニール厚2mm）で生活し，全身照射前に化学療法剤を使用した後12Gyを5日間に5回に分けて照射，その後に骨髄移植を行なった[13)]．いずれも照射開始直後より呕吐が見られ，白血球数は100以下となった．呕吐は対症療法で数時間後に改善したが，白血球及び血小板減少は輸血等を行ない20日目前後より改善傾向を示し，30日目位に安定して来た．

全身照射は線量率の高いリニアック装置では照射室の関係で距離がとれず，コバルト照射装置（東芝 RCR-120-C3特）で行なった．線源―無菌ワゴン中心間距離はいずれも約290cm，照射野は一辺約120cmの正方形とし，そのほぼ中央に患者をお

Table 1　Relative regional dose to axial dose

Patient / Positon	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4			Average	CV
forehead		0.86	0.79	0.80	0.99	1.00	0.89	0.93	1.03	0.91±0.09	10
a.neck	0.97	0.74					1.08	0.93	1.01	0.95±0.13	14
p.					1.00	0.86				0.93±0.11	11
r.axilla	0.93	0.93	0.76	0.81			1.18	1.14	1.04	0.97±0.16	16
l.			0.95	0.81	0.93	0.88	1.16	0.97	1.06	0.97±0.12	12
r.chest							0.92	1.15	1.04	1.04±0.12	11
m.	0.79	0.90	0.92	0.89	0.95	0.78				0.87±0.07	8
l.							0.84	0.84	1.00	0.89±0.09	10
back	0.86	0.87	0.88	0.89	0.97	0.95	1.05	1.09	1.04	0.96±0.09	9
r.abdomen			1.01	1.00	1.14	1.16	1.11	1.01	0.99	1.06±0.07	7
l.			0.87	0.82	1.06	1.08	1.14	1.11	0.90	1.00±0.13	13
pudendal	0.75	0.85	1.03	0.92	1.14	1.16				0.98±0.16	17
gluteal	0.86	0.88								0.87±0.01	2
r.elbow		1.05								1.05	
l.	1.01	0.96								0.99±0.04	4
r.hand									0.98	0.98	
l.					0.95	0.81				0.88±0.10	11
r.thigh							0.74	1.02	0.93	0.90±0.14	16
l.							1.02	0.94	1.00	0.99±0.04	4
r.knee											
l.							1.08	1.04		1.06±0.03	3
r.foot			0.90	0.86						0.88±0.03	3
l.	0.86	0.88	0.86	0.87	1.12	0.93	0.51*	0.65*	0.50*	0.92±0.10	11
Average	0.88	0.89	0.90	0.88	1.03	0.96	1.02	1.01	1.00		
S.D.	0.09	0.08	0.09	0.06	0.08	0.14	0.14	0.10	0.05		

*excluded from calculation

き，線量率は毎分約5cGyで，照射方向は右下正面，右下背面，左下正面，左下背面の4体位とし，体軸部（実際はワゴンの中心）の空中線量60cGyを夫々4体位で照射し，結局一回で全身に，2.4Gy照射，5日間5分割で計12Gyとした．いずれも軽度の屈位であり，第4例以外は充分照射野内に入ることが出来た．第4例は足のみが照射野から出るようになったので，その部に3Gy追加照射をした．

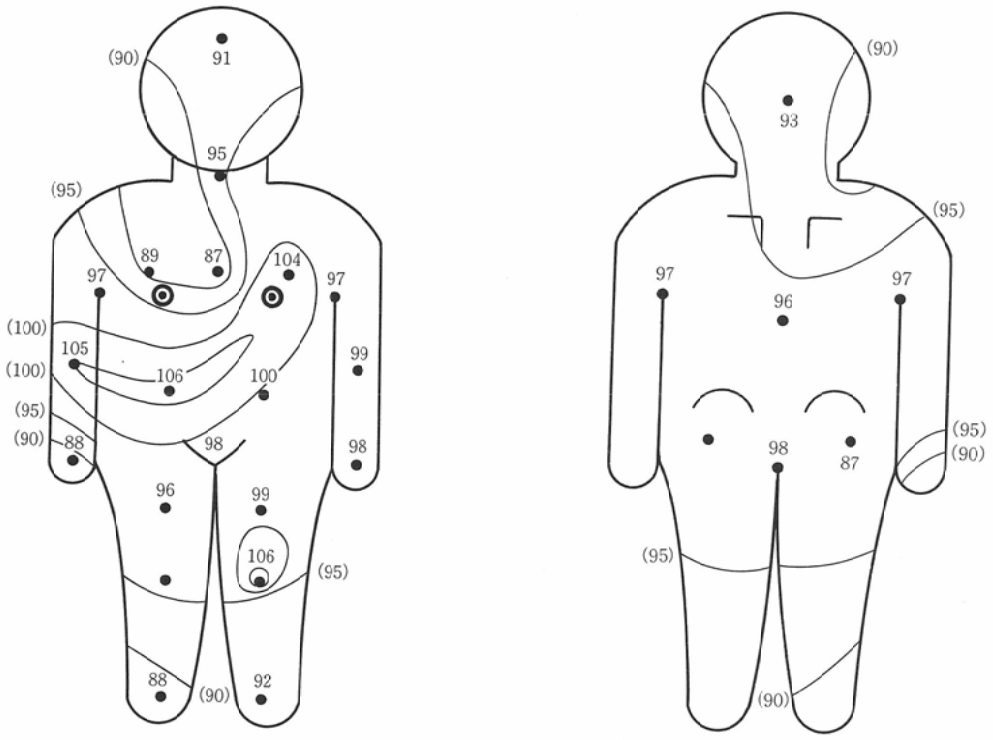
照射の時間が長くその間患者を固定することが不可能であったために，ワゴンの無菌空間内で前もって入れておいた本やラジオを自由に利用出来るようにしておき，僅かな体位の変化は許容しておいた．テレビモニターで監視したが，大きな動きはなかった．

結　果

体表の夫々の部分に熱ルミネッセンス線量計を貼布し，4例について計9回測定した．測定値はTable 1の通りである．

尚，前もってMix-D 20×20cmのファントムを15cm厚にし，線源表面間距離80cm，表面照射野15×15cmで照射した．線量率は日本医学放射線学会で測定した値よりの減衰計算をした91.5R/minを使用し2Gy照射した．熱ルミネッセンス線量計（素子ナショナルUD170L，リーダーナショナルUD-505A）を各面8カ所貼布して測定したが，発光電圧5.39～5.48，発光電圧係数1.00～1.01，素子校正定数0.690～0.810で深さ1cmの部位での空中線量2Gyを照射した時に，線量計の読みは表面で，177.0±7.3（200に対して88.5±3.7%），1cmのMix-Dをおくと，195.7±6.7（計算値197に対して99.3±3.4%），背面では80.6±4.4（計算値84.2に対し95.7±5.2%）であった．

Table 1に示す如く，各部位の平均をとってみたが，最も変化が大きいのは会陰部（CV＝17%），右腋窩（16%），右大腿（16%）であり，少ないのは左膝（3%），右足（3%），左大腿（4%）で，各部位のCVの平均は9.6±4.5%であった．尚，



a）anterior surface　　b）posterior surface

Fig. 1　Dose distribution

各測定毎に全体の平均をとり正規化した後に同様の計算を行なったり，又体重や身長の補正も試みたが，CV はむしろ増加した．線量分布の概略を Fig. 1 に示してある．

考　察

全身照射の際の線量測定については種々のファントム実験が行なわれている．又最近は頭部や肺の遮蔽も行なわれている[15]．最近 AAPM で物理的な点を主とした測定に関する勧告が出されているが[16]，それによると主としてファントムスタディが行なわれており，僅かに人体測定に熱ルミネッセンス線量計を利用する事が付加されている．

しかし現実には我々の場合，リニアックの線源部の運動に制限がありリニアック室では充分な照射野がとれず，線量率は低いが線源部の運動が一次元多いコバルトでようやく一辺120cm の照射野が確保できた．この場合線量率が毎分5cGy 程度になるので1時間近い間小児を一定の体位に固定する事は不可能と考えられた．又固定器具を利用するとすれば無菌状態を保つために無菌ワゴンの中に入れたままにしておく必要があり，又は照射の都度無菌にする必要がある．いずれにしてもこのようにして患者に装着する事は5日間の照射では不可能に近く，又分割を少なくすることは時間の延長につながり，現実には不可能である．又線源側での遮蔽は拡大されるために精度に問題があると思われる．

このような制約下で比較的患者の協力を求めやすい状態で照射をすることにしたが，線量分布に多大の懸念があった．勿論充分な up stand をつけての熱ルミネッセンスの装着による測定が望まれるが，患者に装着後着衣させて1時間たつとほとんどはずれてしまい結局数 mm のゴムでくるんで粘着テープで装着することになった．僅かな up stand で熱ルミネッセンスの信頼度には問題があり，実際の線量はこれより多少大となる可能性があるが，予備実験からも大きな誤差はないと判断した．これは充分な up stand をとった腋窩部や会陰部での線量が，表面での測定線量とあまり差がないことからも推察できる．

又線量の4～5分割12Gy という数字も必ずしも信頼度のおける最高線量とは思われず，この程度の誤差は許容可能と思われるので，むしろ無菌操作や患者管理の重要性から考えると許容可能のものと思われる[15]．

僅か4例ではあるが，線量が多くなると考えられる頭部及び足部については，この場合はむしろ中心よりはなれたための線量の低下や，体位によっても多少は補償されているように思われるが，特に現在までは照射の不均等によると思われる皮膚や粘膜の障害等は発生して居らず，全体の線量分布を見ても必ずしも補償が必要とは思えない[17]．

又肺については1例に胸水の貯溜とそれに続く突然死がみられたが，肺線維症はこの時点までは検知できていない[17][18]．

勿論，長期生存例によってこのほか全身的な障害の可能性も無視できないが[19][20]，線量分布については本法の体位で特に問題が起きるとは考えられない．

今後はむしろ照射線量の問題，分割の問題，更には患者の看護，薬物の使用等により大きな問題が残ると思われる[17]～[20]．

結　論

1. 小児の全身照射に際して熱ルミネッセンスで体表を主とした線量分布の実測を行なった．

2. Phantom 予備実験で空中線量に対しての相対値の分布測定に熱ルミネッセンスの利用が可能と考えられた．

3. 我々の体位での照射による大きな表面上の分布の差はなかった．

4. 我々の方法により致命的な放射線障害は考えられなかった．

項を終わるに当り，編集委員会より文献のコピー[16]を送られた．中に示された文献はいくつか既に引用していたが，物理的な面でのまとめとして貴重なものであった．ここに深く感謝します．

文　献

1) Glasgow GP: The dosimetry of fixed, single source hemibody and total body irradiators. Medical Physics 9(3): 311—323, 1982
2) O'Reilly RJ: Allogenic bone marrow trans-

plantation : Current status and future direction. Blood 62(5) : 941—964, 1983
3) Blume KG : A review of bone marrow transplantation. Int J Cell Cloning 4(Suppl. 1) : 3—10, 1986
4) Thomas ED : Marrow transplantation for malignant disease. J Clin Oncol 1 (9) : 517 — 531, 1983
5) Beck WL, Stokes TR, Lushbaugh CC : Dosimetry for radiobiological studies of the human hematopoietic system. Proc Nat Symp Natural Man-Made Radiat. in Space. NASA-CR-144439. Nat Tech Inform Serv, 947—980, 1971
6) Quast U, Glaeser L, Szy D : Total body irradiation in Essen-dosimetry and physical treatment planning. Strah Oncol 162(4) : 240—242, 1986
7) Sahler OD : Development of a room specially designed for total-body irradiation. Radiol 72(2) : 266—267, 1959
8) Peters VG, Herer AS : Modification of a standard cobalt-60 unit for total body irradiation at 150cm SSD. Int J Rad Oncol 10(6) : 927—932, 1984
9) Engler MJ : A practical approach to uniform total body photon irradiation. Int J Rad Oncol 12(11) : 2033—2039, 1986
10) 井上俊彦：骨髄移植を用いた悪性腫瘍の根治療法に関する研究—全身照射の国内調査(私信), 1987
11) 伊藤尹敦, 服部拓哉, 岡野周子, 他：小児急性白血病に対する骨髄移植, 帝京医学雑誌, 10(1) : 3—10, 1987
12) 伊藤尹敦, 石川順一, 野田正子, 他：3歳妹より骨髄移植をうけ, 無菌ベットで管理された急性骨髄性白血病の1例, 臨床血液, 27(1) : 64—67, 1986
13) 伊藤尹敦, 石川順一, 野田正子, 他：無菌ベットによる骨髄移植感染予防, 感染症誌, 61(3) : 325—331, 1987
14) Ito T, Ishikawa Y, Noda M, et al : Autologous bone marrow transplantation in acute lymphoblastic leukemia following in vitro treatment with monoclonal antibodies with complement : Analyses for two cases of failure. Jpn J Clin Oncol 17(1) : 63—69, 1987
15) Blume KG, Forman SJ, O'Dnnell MR, et al : Total body irradiation and high-dose etoposide : A new preparatory regimen for bonemarrow transplantation inpatients with advanced hematologic malignancies. Blood 69(4) : 1015—1020, 1987
16) Van Dyk J, Galvin JM, Glasgow GP, et al : The physical aspects of total and half body photon irradiation (AAPM Report No. 17) : American Association of Physicsists in Medicine. American Institute of Physics, 1986
17) Ynile PG, Wielinga W, Crestani EA : Fractionated total body irradiation in bone marrow transplantation—An emphasis on lung dosimetry. Australas Radiol 27(2) : 186—194, 1983
18) Weiner RS, Dicke KA : Risk factors for interstitial pneumonitis following allogenic bone marrow transplantation for severe aplastic anemia : A preliminary report. Transplant Proc 19(1) : 2639—2642, 1987
19) Bergstein J, Andreoli SP, Provisor AJ, et al : Radiation nephritis following total body irradiation and cyclophophamide in preparation for bone marrow transplantation. Transplant 41(1) : 63—66, 1986
20) Trigg ME, Finlay JL, Bozdech M, et al : Fatal cardiac toxicity in bone marrow transplant patients receiving cytosine arabinoside, cyclophosphamide, and total body irradiation. Cancer 59(1) : 38—42, 1987