



Title	電子線照射による皮膚反応 第1報 肉眼的観察
Author(s)	鎌田, 力三郎; 春山, 和久; 丸山, 道認 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 28(12), p. 1688-1694
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18941
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

電子線照射による皮膚反応

第1報 肉眼的観察

日本大学医学部放射線医学教室（主任：榊原聡彦教授）

鎌田 力三郎 春山 和久
丸山 道懿 榊原 聡彦

（昭和43年7月1日受付）

Skin Reactions in Electron Beam Irradiation. (1st Report Macroscopic Observations)

Rikisaburo Kamata, Kazuhisa Haruyama, Mitiyoshi Maruyama, Toshihiko Sakakibara

Department of Radiology, Nihon University School of Medicine

(Director: Prof. Toshihiko Sakakibara)

This is a report dealing with the skin reaction produced by the fractionated electron beam therapy. The conditions of irradiation were as follows; Electron energy used in the present study was varied from 6 to 26 MeV, and the total dose of irradiation to each in the present series was distributed from 4000 to 8000 "R". The field size was varied from 30 to 200 cm in square. The skin of face, neck, chest-wall or axilla was irradiated. The unit of "R" in the present report was indicative the read value on the Siemens Micro-chamber. The conversion factor of "R" to rad was 0.85 in the energy level of 14 MeV.

The periods till the appearance of erythema were different between the group of 200 "R"/day and the group of 300 or 400 "R"/day, and the period of the former group was 14 days and one in the latter was 10 days. There was a slight difference in the speed of the appearance of erythema in the groups of different energy levels of irradiation, and erythema appeared more rapidly in the group of 26 MeV than the groups of 14 or 10 MeV.

There was neither difference in the speed of appearance of erythema in the different anatomic areas of the body nor difference in the speed in the different field sizes. The healing time of the erosion in the irradiated area was, however, prolonged in the group of the larger field size.

The mean value of the dose to produce erosion was 7000 "R" but the produced erosion of the skin was easily healed. RBE in the erosion dose was 0.85 at the level of 14 MeV.

I 目 的

電子線照射によつて生ずる人体の皮膚反応に就いては、Hass¹⁾²⁾が17 MeV電子線を用いて報告して以来、最近までG.H. Fletcher³⁾, G. Weitzell⁴⁾, W. Schumacher⁵⁾, H.W.C. Ward⁶⁾, Sakari Mustakallio⁷⁾, J.J. Nickson, T. Kitagawa⁸⁾ 桜井⁹⁾, 松田¹⁰⁾ら多数の優れた報告がある。これらの結果をみるとビランの発生線量やRBEなど

は、電子線照射装置の種類や付属器具、例えば Scatterer や照射筒の材質など、さらには測定器および測定方法の問題、たとえば皮膚反応に最も関係の深い皮膚表面およびその付近の線量測定が困難などのため若干の相異があり、未だ未解決の点もある。

著者らの皮膚反応研究の目的は、電子線治療の際に生ずる一連の皮膚反応すなわち紅斑、色素沈

着、ビランなどに就いて肉眼的に観察し、これらの変化と照射線量；線量率、照射野の大小、照射部位、さらには照射エネルギーなどとの関連性を検討し、而して皮膚の耐容線量増加に関する研究の基礎資料とするために行つた。

II 研究材料と方法

顔面、頸部、腋窩、胸壁などに電子線で初回治療を行つた 111照射野に就いて観察した。

照射装置は島津製 26MeV 固定型ベータトロン装置で、使用エネルギーの範囲は最低が 6 MeV 最高は 26MeV である。用いたスキヤッタラの厚さはエネルギーおよび照射野の大きさに異なり、タンタル0.05mm, 0.1mm, 0.2mmおよび 0.3mmの四種類を通常の如く使用した。

照射線量は 200“R”/日、300“R”/日または400“R”/日の分割照射（5～6回/週）で検討症例の総線量は 4,000“R”以上とした。

照射野の大きさは最小 30cm² より最大 200cm² で、10×10cmの照射野および 6×8cmの照射野が多かつた。

用いた照射線量の単位“R”は Siemens micro chamber（慣用X線用）の読値で、Mix. Dp ファントム中の max. dose である。“R”より radへの換算係数は照射エネルギーにより少し異なるが概ね0.81～0.85程度である。

III 成績

1. 紅斑および色素沈着

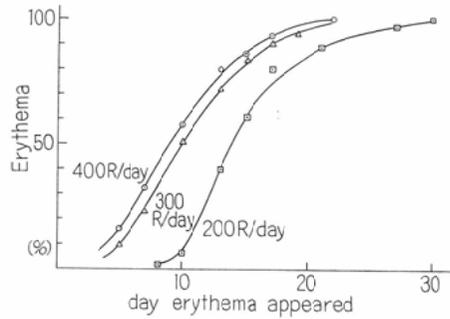
電子線照射による皮膚反応は 200kV X線および Co 60γ線同様に個体差が大であり、照射開始後僅か数日（約 1,000 “R”）で明らかな紅斑を生じたものから、終了後（7,500～8,000 “R”）に初めて紅斑を来した場合まであつた。皮膚色調の変化に就いても、最初は鮮紅色を呈し、次第に褐色化し色素沈着に至るものや、紅色および褐色調の混在するもの、あるいは最初から褐色を呈した場合など種々であつた。紅斑および色素沈着の記載は区別するのが通例であるが、本論文に於ては何づれも皮膚の色調の変化という観点から便宜上、一括して紅斑で表現した。

(1) 紅斑の発生と線量率

照射開始後紅斑を認めたまでの日数は総線量お

よび線量率と関係があつた。成績は Fig. 1 に示した如く、200 “R”/日分割照射群34例では平均紅斑発生日は照射開始後約14日、すなわち 2,400 “R”/照射時点であつた。また 300 “R” 分割照射群46例では約10日、すなわち 2,700“R”/照射時点であつた。なお 400 “R”/日群では300 “R”/日と略同様であつた。

Fig. 1. Effect of dose fractions on the speed with which erythema appeared

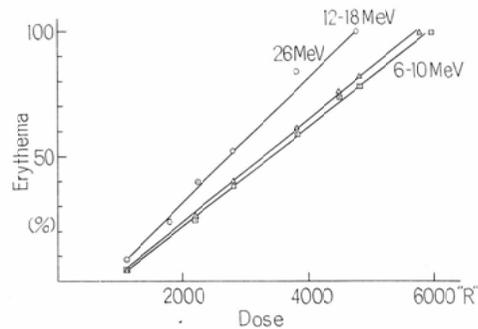


線量率の相異による反応をさらに明確にするために同一患者の左右対称部位にそれぞれ200“R”/日と 300 “R”/日で同線量の照射を行い観察した。結果は 300 “R”/日群が紅斑の発現も早く且つその後の皮膚変化も高度であつた。

(2) 電子線エネルギーと紅斑

紅斑発現が電子線のエネルギーの高低で差があるか否かを10MeV 以下（16例）、14MeV（45例）および 26MeV（16例）の三群で検討した。照射線量は 300 “R”/日および 400 “R”/日である。成績は Fig. 2 のごとく 26 MeV 群の50%紅斑発

Fig. 2. Effect of energy on the dose required the erythema appeared



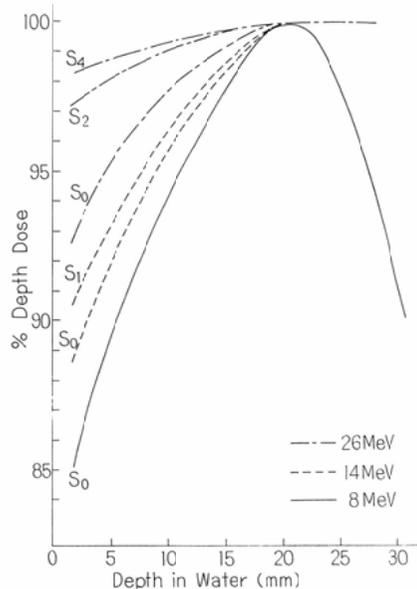
生は 2,700 “R” 照射時点すなわち照射開始後 8~10日 (≒9日) であつた. これに対して 14MeV 群および 10 MeV 以下の群では 50% 紅斑発生は 3,200 “R” 照射時点すなわち照射開始後 9~12日 (≒11日) であつた. すなわち 26MeV 照射群の場合が他の二群に比較し紅斑が少し早く生じた結果になつた.

放射線による皮膚反応に最も関係するのは皮膚表面および表面下 0.1~0.2mm 位にある基底細胞層の受ける吸収線量であるとされている. 著者らは表面およびその近傍の吸収線量と max. Dose との割合が電子線エネルギーに依つて差があるか否かの検討を蛍光ガラス線量計 (東芝) を用いて行つた.

表面線量測定に用いたプラスチック水槽ファントムの電子線入射面は表面線量を正確に測定するために 25μ のきわめて薄いマイラーを使用した.

測定成績¹¹⁾は Fig. 3 のごとく 26MeV の場合は表面付近の吸収線量は max. Dose の 98% で最高線量と略同じであつた. 14MeV のでは 89%, 8 MeV では 84% で, 電子線エネルギーの高い程 build up は小さかつた.

Fig. 3. Comparison of the surface dose rate (measured by fluoroglass)

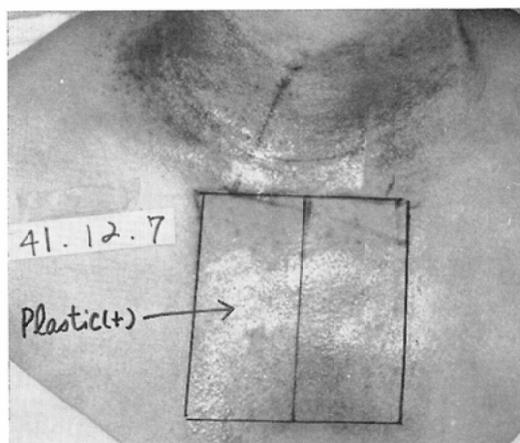


また, Buckell C.C. や尾内らが Co 60照射で行つたごとく, 治療患者の照射面積の半分にプラスチック板 (厚さ 0.7mm, 比重 1.2) を置き, プラスチック板を置いた部分の皮膚表面の線量が max. Dose になる様にして照射し, 両者の皮膚反応の程度から照射エネルギーによつて皮膚表面の吸収線量に差があるか否かを検討した.

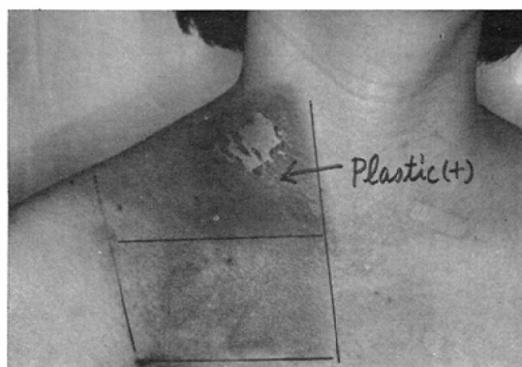
結果は Fig. 4-(1) のごとく 26 MeV 電子線照射ではプラスチック板を置いた部分の皮膚反応と置かない部分の反応とに始んど差がなかつた.

すなわち 26MeV 電子線では表面線量は最高線

Fig. 4. Influence of plastic plate for the skin reaction



4-1 26 MeV 7200 “R”/30 day
Skin reaction of both field are same.



4-2 14 MeV 6000 “R”/45 day
The skin reaction with covered plastic plate is severely than ordinary irradiation

量とほとんど同じ線量が照射されていると推定出来た。これに対して14MeV 電子線では Fig. 4—(2)のごとくプラスチックを置いた部分の皮膚変化はかなり著明となり、皮膚表面付近の電子線の build up が若干あると考えられた。

以上二つの実験結果より、26MeV の場合の紅斑発現が14MeV および10MeV 群に比し早いのは表面線量が max. Dose とほとんど同じである事が判つた。

(3) 照射部位と紅斑

照射部位による紅斑発現日の検討は顔面および頸部(63例)胸壁(37例)および腋窩(11例)の三部位に就いて行つた。結果は Fig. 5のごとく腋窩が他の部位に比べ少し早く出現する様に思えたが、症例数が少いためか差は認めにくかつた。さらに、照射エネルギー、線量率および総線量などを同じくして照射した乳癌手術後の予防照射11例の検討でも紅斑発生の差は同様認めにくかつた。しかし照射終了後の皮膚変化では腋窩が鎖骨上窩および胸壁などよりも強い場合がしばしば観察された。

(4) 照射野の大きさと紅斑

照射野の大きさと紅斑発生の関係に就いては胸壁照射群25例(300 “R”/日)で検討した。

照射野の最小は30cm²、最大は200cm²である。成績は Fig. 6のごとく、照射野が50cm²の場合の平均紅斑発生日は11日で100cm² および150cm²で10日であつた。検討症例が少ないので断言は出来ないがこの結果からは照射面積の紅斑発現におよ

Fig. 5. Relationship of irradiated location and the day of erythema appeared

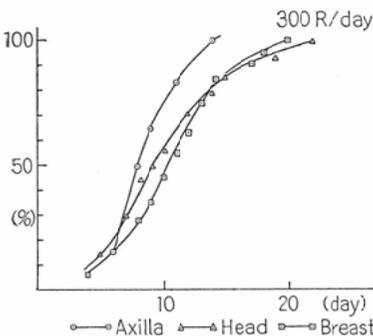
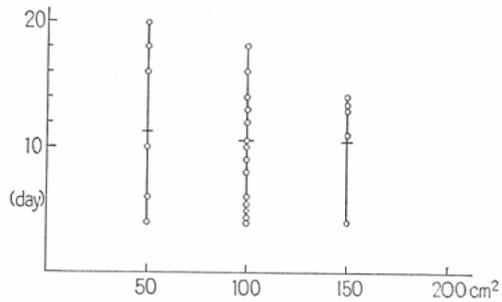


Fig. 6. Relationship between field size and erythema (chest wall 300 “R”/day)



ぼす影響は余り無いのではないかと考えられた。

2. ビラン

(1) ビラン発生線量

皮膚反応は照射線量の増加とともに増強したが、Table 1に示すごとく照射線量が5,000 “R”以下の場合には全例にビランは発生せず、乾性落屑および軽度の色素沈着を残した程度であつた。5,000 “R”以上を照射した87例では(1)5,000~5,900 “R”照射群17例においては5例に、(2)6,000~6,900 “R”照射群40例では17例に、(3)7,000~8,000 “R”照射群30例では21例にそれぞれビランが発生した。

Table 1. Relationship of dose and erosion

5000—5900“R”	6000—6900“R”	7000—8000“R”
5/17	17/40	21/30
30%	42%	70%

ビラン形成も紅斑同様に個体差が著明で照射開始後早期に紅斑が出現した時でもビランが発生せぬ場合や、照射終了時点においてほとんど皮膚変化の見られなかつたものが、その後10日間位の間急速に皮膚変化が進展し強いビランを来たしたのもあつた。すなわちビラン発生が紅斑発現の時期の遅速と関係の無い場合が時にあつた。

(2) 線量率とビラン

線量率とビランの関係は同一患者の左右対称部に200 “R”/日および300 “R”/日で同線量を照射し行つた。200 “R”/日群では常に300 “R”/

日群に比しピランは軽度であり且つ治癒日数も短かつた。

(3) 照射部位とピラン

照射部位によるピラン発生頻度の検討は主として頸部鎖骨上窩部、腋窩部、および胸壁などの三部位で行つた。結果は腋窩が10例中7例、鎖骨上窩12例中6例、胸壁16例中8例のピラン発生があり、腋窩が最もピランを生じ易すかつた。

(4) 手術後照射とピラン

手術後照射群は非手術群に比較し一般にピランを生じ易すかつた。特に軟部組織を廣泛に切除した症例の術後照射は線量が割合に少くてもピランを起し易く且つその程度も強く治癒も遷延し、後に色素脱出などの強い変化が発生する場合があつた。

(5) ピランの程度と治癒日数

ピランの程度は一般に軽い場合が多く照射野全体の強いピランや出血を伴つたものは少かつた。

またピランの期間は短いものが多く症例の $\frac{2}{3}$ は2週間以内で治癒した。

しかし高線量率照射(400 "R"/日~500 "R"/日)や大線量照射をした症例(8,000 "R")さらには大照射野で照射した場合には治癒に要する日数が長期化し、2カ月程度を要した場合もみられた。

また前述のごとく、術後照射例で皮膚組織を廣泛に切除した症例の中には5,000 "R"程度でもピランの治癒が意外に遷延した場合があつた。

ピラン治癒後の皮膚変化は一般に軽度の色素沈着を来した程度であつた。しかし8,000 "R"以上の大量照射または、大照射野、高線量率の照射、さらには術後照射例で強いピランを生じた症例の中には後期障害として色素脱出、毛細血管拡張、皮下組織の線維化を来した場合があつた。

手術前照射に関しては例数は少いが現在の結果では6,000 "R"程度では手術に就いても、またその後の皮膚の状態も特に大きな変化は見られなかつた。

IV 考 察

皮膚に対する放射線作用の研究で200kVp X

線に就いては Paterson¹⁴⁾ の詳細な報告がある。Paterson は皮膚耐容線量は個体差が大であり、かつ照射野の大小、照射容積、部位、さらには照射部位の Vascularity らが関係するとしている。X線照射で強い湿性皮膚炎を生ずる Dose-time Relationship は頸部および躯幹に対しては200 cm² の照射野で4,500 R/5w、100cm² で5,300R/5w (4,900rad/5w) としている。また Curie Foundation の報告では皮膚耐容線量は照射部位により異なり顔の側面で4,000 R 側頸部で3,600 R 鎖骨上窩部は3,000 R 胸壁2,600 R の順に低下している。

Co 60 γ 線に就いては Burkell C.C.¹⁵⁾ 塚本、尾内¹³⁾らの報告がある。Co 60の皮膚変化は build up の効果により、X線に比較し軽度で、尾内は平均ピラン発生線量を約6,500rad としており、RBEは粟冠¹⁶⁾の乳癌術後照射の際のピラン発生線量5,100rad を基準として約0.8と報告している。

電子線の皮膚反応は、著者らの研究結果も他の研究者の報告と同様にかなり強く200kV X線とCo 60による反応の中間で、200kV X線の場合にむしろ近いと考えられた。

紅斑発生に関しては個体差が大でかつある程度の期間と線量が必要であつたが、300 "R"/日分割群の紅斑発生平均線量は2,700 "R"で照射開始後約10日であり、200 "R"/日分割群では平均14日(2,400 "R")であつた。すなわち従来より明らかにされている如く Dose-rate による差が明らかに認められ、その後の皮膚変化も高線量率群が著明であつた。

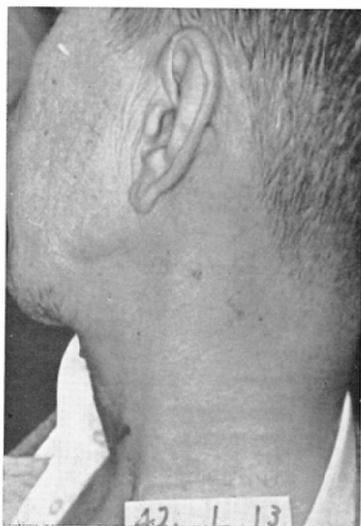
これらに就いては H.W.C. Ward⁶⁾ も著者らと同様な結果を報告している。

電子線エネルギーと紅斑の関係に就いては既に Fletcher³⁾ が Siemens 製18 MeV ベータトロン装置を用いて6~18 MeV に就いて検討し、6~18 MeVの間では皮膚反応にほとんど差がないと報告している。著者らの結果もこの範囲のエネルギーでは差は認められなかつた。しかし26 MeVの場合には少し早期に紅斑が出現した。この原因に就いては前述のごとく、蛍光ガラスによる表面

Fig. 7. Comparison of the skin damage by dose rate (200 "R"/day and 400 "R"/day)



r. lateral neck. 7200 "R"/5 weeks (400 "R"/day) after 5 weeks Erosion was occurred



l. lateral neck. 7000 "R"/8 weeks (200 "R"/day) after 2 weeks Erosion was not occurred

線量の実測および照射皮膚面上にプラスチック板をおいた観察などを行い、表面近傍の吸収線量の差を確認した。さらに26 MeV と14 MeV の紅斑発生日の χ 自乗検定の結果も5%の危険率で紅斑発生日に有意の差が認められた。Lauritzen は皮膚反応は同一の吸収エネルギーに対しは同一の

反応を示す事を報告し波長依在性はないとしているが、著者らも26 MeV と14 MeV 群およびそれ以下の群で皮膚反応に多少の差を認めた理由を電子エネルギーの差と云う事よりも皮膚変化に最も関係の深い皮膚表面より数mm深部までの吸収線量および線量分布の相異によると考えている。エネルギーなどによつて表面近傍の build up が異なる理由に関しては目下検討中である。

ビランに就いては我々の場合は平均ビラン発生線量は6,500~7,000 "R"程度で Hass および Zuppinger の報告と同程度であつた。他の研究者の報告では Fletcher は6,600~8,100rad で50%のビラン発生を報告し、また松田は Siemens 18 MeVベータトロンを用いた結果を5,000 "R"で $\frac{1}{3}$ 、6,000 "R"で $\frac{2}{3}$ にビランが発生したと報告している。この相異に就いては線量の単位の問題や治療装置の相異に由来していると考えている。

ビランの治癒経過は他の報告者同様に比較的短期間で $\frac{2}{3}$ は2週間以内に治癒し、後障害も軽度であつた。しかし高線量率の照射、術後照射、大照射野などの場合、時に強い後障害を来たした場合があつた。また、大線量を照射しても皮膚反応がなかなか起こらぬものが照射終了後急速に強い反応を起こし、かなり強いビランを来たした場合などもあつた。

200kV X線と電子線との皮膚反応の生物学的効果比に関しては Hass は17 MeV 電子線でR B Eは0.63~0.69と報告し、Schulz, Sinclair らは、0.8~0.9、Nickson, 北川らは0.9と報告し多少の相異がある。著者らは Paterson の moist reaction 4,600 rad/4w を基準として平均ビラン発生線量に就いてのR B Eを14 MeV の場合で求めた。表面線量を max. Dose の90%とし、Siemens micro chamber の読値 "R" の rad への換算係数0.85⁹⁾を用いたがR B Eは0.85となつた。

結 論

電子線照射によつて生ずる皮膚反応を111照射野について肉眼的に観察し以下の結果を得た。

1. 線量率と紅斑発生は、300 "R"/日、400 "R"/日群では平均紅斑発生は照射開始後10日であつたが、200 "R"/日群では14日で、両者に差

が認められた。

2. エネルギーと紅斑発生の関係は、26 MeVの方が14 MeVより2日程早く発生した。これは26 MeVでは表面線量が多いためと考えられた。

3. 紅斑発生日と照射部位の関係ではあまり差はなかつた(頸部, 胸壁, 腋窩)。

4. 照射野の大きさと紅斑発生日はあまり差が認められなかつた。

5. ビランは5,000~5,900 "R"で30%, 6,000~6,900 "R"で42%, 7,000~8,000 "R"で70%に発生し, 平均は6500~7,000 "R"であつた。

紅斑発現の時期とビラン発生とは関係がない場合があつた。

6. ビランは腋窩が最も生じ易かつた。

7. ビランの治療日数は2週間以内が多かつた。

8. ビランについてRBEを求めたが, 0.85となつた。

本論文の要旨は第3回臨床放射線シンポジウム部会(昭和41年10月)及び第26回日本医学放射線学会総会(昭和42年4月)で発表した。

文 献

- 1) Hass, L.L., Laughlin, J.S., and Harvey, R.A.: Biological Effectiveness of High-Speed Electron Beam in Man. *Radiology* 62: 845—850, June 1954.
- 2) Hass, L.L., Harvey, R.A., Laughlin, J.S., et al.: Medical Aspects of High Energy Electron Beams. *Am. J. Roentgenol.* 72: 250—259, August 1954.
- 3) Noral duv Tapley, Gilbert H. Fletcher: Skin Reactions and tissue Heterogeneity in Electron Beam Therapy Part 1: Clinical Experience *Radiology* 84: 812—816, May 1965.
- 4) G. Weitzel: Frühreaktionen bei Elektrontherapie. Symposium on High-Energy Electrons p. 189—198, Montreux 7th to 11th September 1964.
- 5) Werner Schumacher: Die Haut-und Schleimhautreaktion. Symposium on High-Energy Electrons p. 198—200, Montreux 7th to 11th September 1964.
- 6) H.W.C. Ward: Skin and Mucos Membrane Reaktionen. Symposium on High-Energy Electrons p. 200—203, Montreux 7th to 11th September 1964.
- 7) Sakari Mustakillis: Experiences of Treatment with High-Energy Electrons. Symposium on High-Energy Electrons p. 203—204.
- 8) J.J. Nickson, T. Kitagawa: Clinical Evaluation of the treatment of Advanced Head and Neck Cancers with High-Energy Electron Beams. *Cancer* Vol. 19, No. 8, p. 1081—1087, 1966.
- 9) 桜井孝他: ベータトロンによる超高圧放射線治療の経験. *日医放誌*. 第25巻第6号. p. 469—495, 昭和40年9月.
- 10) 松田忠義他: ベータトロン治療3カ年の経験, *日医放誌*, 第27巻第11号, p. 1494—1500, 昭和43年2月.
- 11) 小西, 鎌田, 浦橋: 高エネルギー電子線に対する皮膚表面近傍の線量分布. 第18回日本医学放射線学会物理部会, 昭和42年10月.
- 12) Buckell, C. et al: Skin Effects of Cobalt 60 Telecurie therapy. *Brit. J. Radiol.* Vol. 27 p. 171—176, 1954.
- 13) 尾内能夫他: Telecobalt 治療の際の皮膚障害 *臨放* Vol. 3, No. 9, p. 656—661, 1957.
- 14) Paterson, R.: The treatment of malignant disease by Radium and X-rays. Baltimore, The Williams and Wilkins company 1948.
- 15) 鎌田力三郎他: 電子線照射による皮膚反応に就いて. *日医放誌*. Vol. 27, No. 7, p. 890—891, 昭和42年.
- 16) 栗冠正利: エックス線皮膚傷害の回復について. *日医放誌*. Vol. 13, No. 10, p. 608—610, 昭和28年.
- 17) Zuppinger, A. Erfahrungen der Therapie mit 30 MeV Elektronen. *Strahlen therapie* 111: p. 161—166, February 1960.
- 18) Schulz, R.J.: Clinical and Physical Aspects of Electron Beam therapy. *Radiology* 80: p. 301—303, February 1963.
- 19) Sinclair, W.K.: The Relative Biological Effectiveness of High-Energy Photons and Electrons. *Radiology* Vol. 82: p. 800—815, May 1964.