OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	癌患者に対するX線照射及びTelecobalt-60照射による末梢血液の変化と容積線量との関係
Author(s)	大谷, 宗男
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(9), p. 1829-1855
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18860
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

癌患者に対するX線照射及び Telecobalt-60 照射による末梢血液の変化と容積線量との関係

癌研究会附属病院放射線科（前部長　塚本憲甫博士）
（部　長　山下久雄博士）
大　谷　崇　男

（昭和34年8月21日受付）

目　次

Ⅰ　緒　言
Ⅱ　文献的考察
（1）　容積線量の概念
（2）　容積線量の求め方
（3）　容積線量に関与する因子
（4）　X線と Tele Cobalt-60 の比較
（5）　漏洩線量について
（6）　容積線量と生体に及ぼす影響特に血液変化との関係について
Ⅲ　研究目的
Ⅳ　研究方法
（A）容積線量の求め方
（1）　X線
（2）　Tele Cobalt-60
（B）症例の撰択
（C）血液検査に対する実験的手技
Ⅴ　研究結果
（A）予備実験
（1）　Film 黒化度法による等線量曲線の描記
（2）　線量計による等線量曲線の描記
（3）　容積線量に於ける計算値と実験値の相違
（4）　漏洩及び散乱線量について
（5）　小括
（B）本実験
（1）　各症例の容積線量について
（2）　X線及び Tele Cobalt-60 照射による末梢血液の変動
（i）白血球
a）頸部，b）胸部，c）腹部
（ii）白血球百分率，
イ）リンパ球
a）頸部，b）胸部，c）腹部
ロ）好中球
ハ）単核白血球
(iii) 赤血球
(iv) 網状赤血球
（v）血色素
(vi) 血小板
Ⅵ　総　括
Ⅶ　考　按
（1）　各装置（Tele Cobalt-60）の半影が容積線量に及ぼす影響について
（2）　容積線量と腫瘍線量との関係
（3）　白血球総数及びその百分率について
（4）　最大耐容々積線量について
（5）　各装置での relative tumor volume dose について
（i）照射野 5×5cm²
（ii）照射野10×10cm²
（6）　照射部位による各装置の適応性について
（i）照射野 5×5cm²
（ii）照射野10×10cm²
（附）網状赤血球の変動について
Ⅷ　結　論

Ⅰ　緒　言

X線の造血組織に及ぼす影響については1903年 Senn[1] がX線照射治療により白血球減少を起した症例を報告して以来，現在まで幾多の学者により述べられて来た．特にリンパ球の減少については，1904年 Heineke[2] が廿日鼠，モルモット，ラッテ，猫，犬などの動物で実験的考察を行い，更に，1924年 Minot および Spurling[3] により42例の患者にX線照射を行つた際にリンパ球の減少することを確認した．其の後多数の追試が行われ，

それ等の報告の大多数は肯定的であつた．然しEllis[4]は患者にX線照射治療を行つた場合，Ellis，の仮定した容積線量（以下「V・D」と略す）と白血球減少との間には相関々係は得られなかつたといつている．その理由としてHenry[5]は戦時中の混亂状態で患者の撰択が充分出来得ず且つ少数例であつたためであろうと推定し，之れに反論した．「V・D」については1935年 Ellis[6] は吸収線量の概念を述べ，これを cc-roentgenの単位で現わした．その後 Mayneord[7], Happy[8] により更に詳細に考察され白血球減少と線量との関係について，「V・D」の見地から見た Ellis, Bush 等の報告がある．1955年 Henry[5] は照射部位別に「V・D」と白血球減少，特にリンパ球減少との相関々係を述べており，最初の価の25%にリンパ球が減少した「V・D」をもつて最大耐容々積線量と仮定した．また，近年 Tele Cobalt-60 装置の普及により皮膚耐容量及び深部線量の増大は放射線治療を著しく容易にはしたが，一方，「V・D」の増大や半影の影響をみのがしてはならない．即ち，入射口の局所の障害が解決され，いかに大線量の照射が可能となつたとしても，投与される線量は照射部位やその大きさなどに準じて，その「V・D」に関聯して限界があるわけである．我々が癌患者を種々のX線装置やTele Cobalt-60装置によつて治療する際に患者の末梢血液像の変化と「V・D」の関連から照射線量の限界を定めんとし二，三の知見を得たので報告したい．

II 文献的考察

（1） 容積線量の概念

「V・D」は Ellis[9], Happy[10] により cc-roentgen として現わされた．これは水又は軟部組織の1 cm^3 中に照射された“r”であり，実際には Mayneord[11] による空気1 gに1 r を与えた吸収線量の gram-roentgen という energy 換算で得られたものとは正確な意味では同一ではないが，Wolf[12] によると軟部組織と空気とは単位体積中の energy 吸収が非常に似ているので同一と見做して良いという．Quimby[13] は 1 gram-roentgen は93ergs，であると述べ，Fuchs[14] は水1 gに吸収される1 r は85ergsであるという．ICRU により，吸収線量の単位として 100ergs/g 1 rad が採用された．Happy[15] はX線照射に於ては cc-roentgen は 109を乗ずることによりergに換算され，又 Calorie に換算するためには 2.6×10^{-6}を乗ずればよい．Wolf は厚さが薄いときは energy 吸収は半価層が低い程，「V・D」は大となり，厚さが厚いときはこの逆であると述べている．又，電子密度が大[16]きい場合は長波長に比し短波長のものは単位体積での energy 換算は空気よりも水又は軟部組織の方が10%大きくなると述べている．

（2） 容積線量の求め方

Mayneord, 江藤[17]は一次放射線の総 energy とファントーム内部で吸収された総 energy の計算値との間には可なりの差がある．其の主因については猶お明らかではないといつている．宮川[18]等は Tele Cobalt-60 装置で照射した場合の「V・D」について完全吸収式を用いて述べている．又，Mayneord は一定の線源からの「V・D」は

$$\Sigma=\frac{A_0\ D_0}{X_0^2\ \mu^3}\{(X_0^2\mu^2+2X_0\mu+2)-e^{-\mu d}(X^2\mu^2+2X\mu+2)\}$$

と定義した．但し $D_0=A_0$ に対する線量(r)，X_0=T.D.S.(cm)，$X=X_0+d$ (cm)，μ=吸収係数．d=表面よりの深さ(cm) である．1935年 Ellis[9] が深部率曲線を積分して求めた．

それより以前に Wintz により「V・D」を臨床的に適用することを提唱しているが，1936年 Gray[20] は Rrdium 照射について，1940年 Manyeord[21]はX線照射の際の「V・D」を理論的に現わした．その後，簡単な求め方をした．Happy[22] はX線照射及び Radium 照射で，Gray, Read[23] は生物に中性子を照射し測定した．Clarkson[24], Grimett[25][26] は人形を作り，X線，Radium をそれぞれ照射して「V・D」を計つた．其の他 Wilson[27], Bush[28], Scott[29] 等も「V・D」の測定を試みた．

（3） 容積線量に関する因子

Wolf[12] は単位 cm^3 の空気中で測定した“r”での cc-roentgen の数をFという任意の係数で現わした．即ち「V・D」=F×Area of field×r (air dose)，Quimby[30]，Breaestrup[31]によれ

ば F.S.D. 50cm～100cmの範囲で適用されるという．Leucutia[33]は「V・D」と F.S.D. は反比例すると述べ，phillips[32]は他の条件が同じ場合，「V・D」は高圧の方が大きい値を示すといい，Urgar[34]は同一照射条件の場合は「V・D」には照射野の数及び最も適した照射装置を撰ぶことにより最小となると述べ“Economy Quotient”という言葉を用いた．Haybittle[35]はTele Cobalt-60装置に於ける「V・D」は装置の開口部の大きさ及び線源の大きさに関係すると述べている．江藤[36]も「V・D」と半価層，F.S.D.，及び照射野の大きさとの関係についてX線照射で述べている．Ellis は食道癌の治療に際して F.S.D. 40cm の場合は F.S.D. 100cm の場合に比し「V・D」が25%大であつたと報告した．Lederman[37]，Clarkson[38]によると食道癌の Radium 挿入治療では60時間で3.15Mg-r，Mayneord の計算では 4.0Mg-r，であるという．Bush は患者の体重又は身長と「V・D」との関係を図示している．

（4） X線と Tele-Coblt-60 との比較

宮川[39]は Tele Cobalt-60 と X線との「V・D」を比較した．Tele Cobalt-60 は X線に比し射出表面線量は大，線源が大きいから半影大，鉛絞り内面よりの二次線により表面線量が増大する，又ファントーム内の側方，背後散乱による表面線量が少ない．更に線源が小量の場合は Tele Cobalt-60 は S.S.D. を大とする必要はないと報告している．Watson 及び Johns[40]は Tele Cobalt-60 と 200KVのX線と Betatrons とを「V・D」で比較している．線質，波長依存性等については，こゝでは略す．

（5） 漏洩線量について

村上[48]は Tele Cobalt-60（東芝 R.I.T. 101型，100curie）の線源より1mで 12.5mr/h になるようなもので，開口部が閉鎖しているときで1m線源より離れて10mr/h，1.3mで6.25mr/h，2.1mで2mr/h であり漏洩線量は線源より1mで半価層 1.2cm Pb となり，散乱線はファントームより3mで 0.3cm Pb と報告している．

（6） 容積線量と生体に及ぼす影響，特に血液変化との関係について

1943年，Bush[41]は頭，頸部の癌患者26例に Tele Radium（5g）を照射し，「V・D」とリンパ球減少との間に一定の関係あることを認めた．更に Price[42]は下腹部照射16例に，Goodfellows[43]は乳癌の患者にX線及び Radium 照射を施行し「V・D」とリンパ球の減少との間に相似な傾向を示した．Wilson[44]も「V・D」を計算により求め，血液所見との関係を報告している．頸部と同じ条件で大腿部を照射すると「V・D」が同一であつても血液の変化は相違した[41][44]．「V・D」の許容限界は照射部位により，又照射間隔により更に照射された身体の広さ，線量率により異なると考えられるし，リンパ球は「V・D」に対し最も規則的な変動を示す血球であると考えられている．Smethers[45]は胸部（食道癌）X線照射では42日間で28Mg-r，骨盤部では31日間に36Mg-r，（3日間では6Mg-r）更に衰弱しているものは6週間で25Mg-r が限界で，又抵抗の低いものでは30日間で15～18Mg-r でも限界に達することがあるという．Henry は1955年，48例の癌患者を照射部位別に分け，X線照射で病巣線量3000～6000r，「V・D」1～50Mg-r で 4～7週間の間の「V・D」と血液所見との関係を求め照射前のリンパ球が25%に減少したときの「V・D」を以て照射限界とした．Holmes[46]も「V・D」と生体の影響について報告している．これに反し Ellis は人間では個人差，精心的因子，又病理的影響により複雑な生化学的変化が起り，それ故，物理的因子と臨床的反応とを簡単に結び付けることは不可能であるといい，事実，臨床症状（倦怠，悪心，嘔吐，頭痛）と「V・D」との関係を見付けることが出来なかつた．

然し Henry[5]はこれに反ばくした．「V・D」は Mayneord[47]，Clarkson が力説しているように，身体防禦を考慮する場合，重要な役割を果すもので，或る照射装置で最大治療効果を挙げ，併せて，可及的に患者の身体障害を少くなくするための裏付けとなる．Leucutia[33]は数百万ボルトのX線治療に於いて深部線量が屢々表面線量より

多い値を示すことがあり，この場合「V・D」は重要な意味を持ち，完備した設備を有する所で人工放射性同位元素を使用する場合の最大許容量を定めるための良い指針となる．

III　研究目的

癌患者に対しX線及び Tele Cobalt-60 射治療を行つた場合の末梢血液変化と「V・D」との関係を照射部位別に比較し，更に前章に於いて文献的考察をした最大耐容々積線量の問題に言及しよう．即ち本報告に於ける研究の主目的は次のように要約される．

1.　白血球の減少が治療の限界として数量的に指標として取扱えること．

2.　「V・D」と白血球の減少とが一定の関係にある．

以上の点についての従来の報告を追試し，次いで，更に新たな観点より

3.　X線治療と Tele Cobalt-60 治療の全身的影響の差は「V・D」の相違か或いは波長依存性かを検討する．

4.　Tele Cobalt-60 はX線に比し深部率大であるが「V・D」の増大を生ずる．それ故その原因となる半影について考慮すること．

5.　腫瘍の深さ及び大きさにより照射方法を考慮選択することにより「V・D」を減少せしめる……その方法如何？

が本研究の目的である．

IV　研究方法

（A）　「V・D」の求め方，

（1）　X線について

X線装置は 180K・V，20mA，Cu 0.7㎜+Al 0.5㎜濾過，H.V.L. 1.01㎜ Cu，F.S.D. 40㎝及び50㎝，を用いた．以下この条件によるものを「X線」と略す．

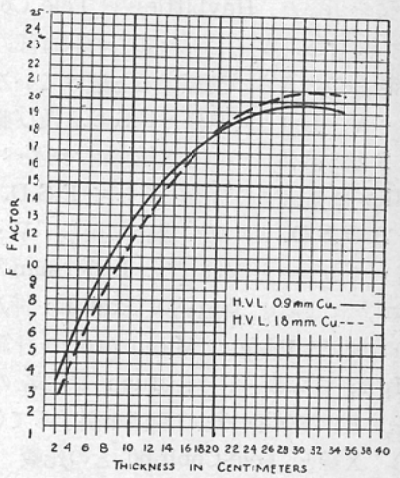
「V・D」＝F×A×D

F：は H.V.L. 0.9㎜ 及び 1.8㎜ Cu の X線について組織の厚さと「V・D」の関係を示したWolf[12] の因子（図1）

A：は皮膚面に於ける照射野（cm^2）

D：は空中線量（r).

図1　照射部位の厚さに対する Wolf の因子（F）



Wolf の単位は cc-roentgen で現わされているが水については cc-roentgen と gram-roentgen は等価である．以下単位は10^6 gram roentgen＝1 Megagram—roentgen（以下 Mg-r と略す）で現わすこととする．

（2）　Tele Cobalt-60, について

病巣線量の推定は Johns[48] の実験結果及び著者の実測によるものを用いた．

又，装置は表1に示したものを使用した．

装置の構造略図は図2（a,b,c,d）に示す．図2(a)は凡例．

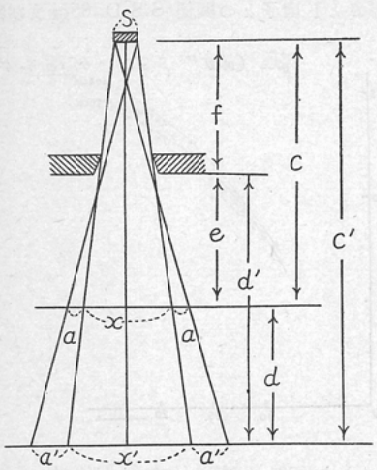
「V・D」の計算はX線と同様，F×A×D，により求められる，但しFの値は Mayneord[21] の式による．

$$\Sigma = 1.44 \times Ds\ A\ d^{1/2}\left(1 + 2.88 \times \frac{d^{1/2}}{f}\right.$$

表1　使用した Tele Colalt-60 装置

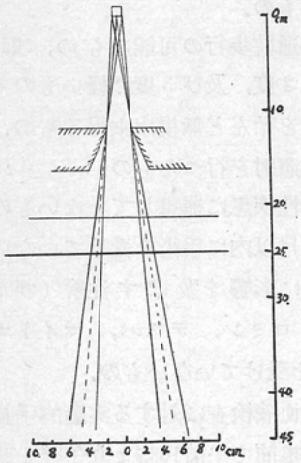
装　置　名	線　源　量	線源皮膚間距離	以下本文中の略号
東芝 R.I.T.　3型	50 Curie	20㎝又は25㎝	「CO^{60} III」
東芝 R.I.T. 101型	100 Curie	30㎝	「CO^{60} I」
東芝 R.I.T. 107型	1000 Curie	65㎝又は55㎝	「CO^{60} VII」

図　2（a）



s……線源の大きさ（直径）cm
c……線源皮膚間距離
f……線源開口部間距離
e……開口部皮膚間距離
d……体の厚さ
x……照射野
a……半影
x′……d cmの深さに於ける本影
a′……d cmの深さに於ける半影
c′……c＋d cm

図 2(b). R.I.T.-Ⅲ型 S.S.D. 25cm



$$-\left(1+\frac{2d}{f}+2.88\times\frac{d^{1/2}}{f}\right)\Big]e^{-d/1.44d^{1/2}}$$

Ds；皮膚線量．（r）
A；照射野．（cm²）
$d^{1/2}$;深部率50%の深さ．（cm）
f；線源皮膚間距離．（cm）

図 2(c)　R.I.T.- 101型 S.S.D. 30cm

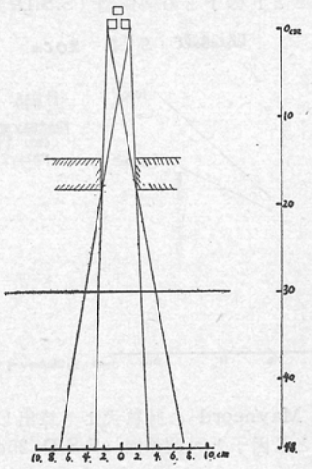


図 2(d)　R.I.T.- 107型 S.S.D. 65cm

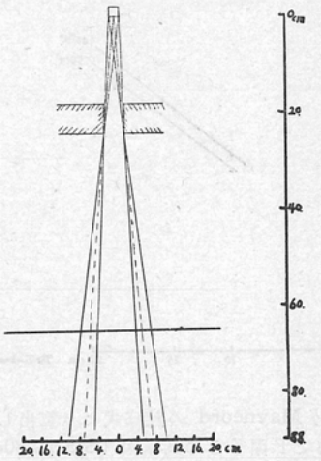


表 2　単位はcm

装置	S.	f.	e.	a,	線源の形
「Co^{60}Ⅲ」	1.0	11.3	13.7	1.2	
「Co^{60}I」	2.2及び2.04*	18.3	11.7	1.4及び1.3	
「Co^{60}Ⅶ」	2.0	24.0	41.0	3.4	

＊計算値は 2.0cm及び1.75cmで，こゝで示したものは黒化度法により逆算によりSの大きさを求めた．線源は横軸が開口部方向．

この計算により図3（a），3（b），3（c），3（d），を作成，それより算出した．但しこの計算は半影の非常に少くない場合に適用され，本実験

図3（a）Mayneord の計算式より算出した体の厚さとF因子との関係図（S.S.D. 20cm）

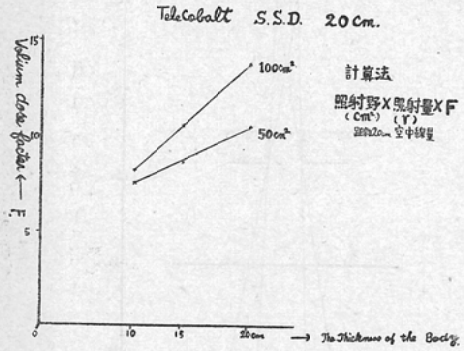


図3（b）Mayneord の計算式より算出した体の厚さとF因子との関係図（S.S.D. 25cm）

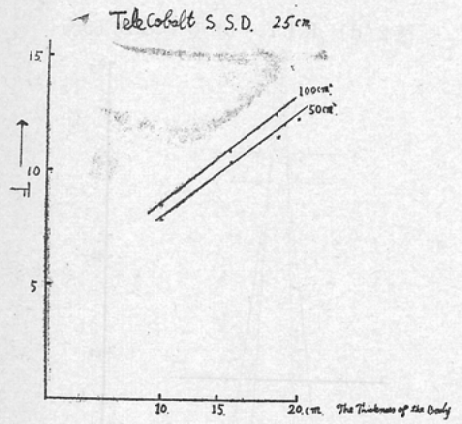
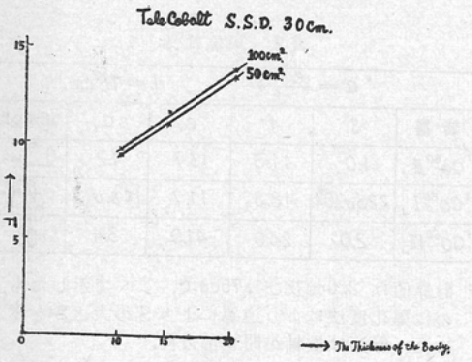


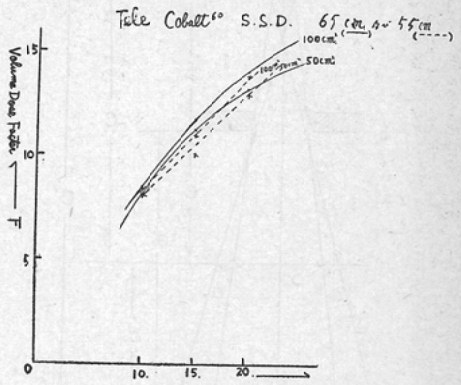
図3（c）Mayneord の計算式より算出した体の厚さとF因子との関係図（S.S.D. 30cm）



では実測値と比較する以外には用いられなかつた．

（B）　症例の撰択：

図3（d）Mayneord の計算式より算出した体の厚さとF因子との関係(S.S.D. 65cm及び55cm)



照射により起る血液学的変化を的確に知るのが目的であるので，特に以下の条件を充す症例について血液検査を行つた．

1）小児は除いた．

2）組織学的或は臨床診断学的に癌と診断されたもの．

3）放射線療法の既往歴のないもの．

4）血液疾患のないもの．（既往歴，現症）

5）前月以降輸血をしていないもの，又現在月経中でないもの．

6）摂食通院歩行の可能なもの，即ち病勢進度，1度，2度，及び3度の軽いもので疾病による血液変化を殆んど無視出来得るもの．

7）遠隔照射を行つたもの．

8）化膿性疾患に罹患していないもの．

9）1カ月以内に手術を受けていないもの．

10）血液に影響を及ぼす注射（ザルコマイシン，ナイトロミン，テスパ，マイトマイシン，RC-4等）を受けていないもの．

（C）　血液検査に対する実験的手技：

採血は食事前で午前10時より午後1時までの間に行つた．同一例に対しては同一メランジュール，同一計算板を使用した．血小板はFonio氏法，白血球百分率はMay-giemsa 複染色法，小宮氏の分類を参照した．又，網状赤血球はRees Ecker氏液を用いた直接法を採用した．

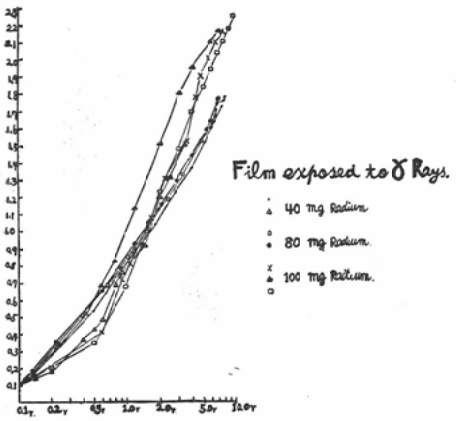
V　研究結果

（A）　予備実験

一般に Tele Cobalt-60 治療装置は線源が可成りの大きさを有するため，無視することの出来ない半影を生じ「V・D」は前章（A）(2)の計算から求められるものとは異なつた値となる．従つて装置の各々に就いては深部率のみならず等線量曲線を実測描記し図計算により「V・D」を求める必要がある．

(1) Film 黒化度法による等線量曲線の描記：5㎜のベークライトでフジXレイフィルム製の Film を挟んで遮光し，ラジウム 100mgに直角に配列し標準黒化度曲線を作り，同様にベークライトに挟んだ Film を水を入れたファントームの中に入れ Tele Cobalt-60 で照射し，その黒化度を東京光電製黒化度計で測定比較して深部率及び等線量曲線を求めた．現像時間は6分は絶えず攪拌した．定着時間10分，温度18° 5′C，Film は新しいものを用いた．

図4　ラヂウム40mg，80mg，100mg照射による Film 黒化度曲線



① 標準黒化度；ラジウム40mg，80mg，100mg により各々3回行つた．実験結果の曲線は図4である．之れより黒化度曲線は同一実験では略ぼ同一の傾向を示すが再現性が充分ではないので其の都度，同時現像する必要がある．全べて 8.0r 以上では直線性が悪くなるので標準黒化度とするためには不適と見做し 0r ～ 8.0r までのものを用いた．

② Tele Cobalt-60 の等線量曲線；

「Co^{60} Ⅲ」S.S.D.　25cm　照射野　6× 8cm²，
〃　〃　〃　〃　5.3× 6.5cm²，
〃　〃　〃　〃　10× 8.5cm²，
「Co^{60} I」　〃　30cm　〃　5 × 5 cm²，
〃　〃　〃　〃　10×10cm²，
「Co^{60} Ⅶ」　〃　65cm　〃　（深さ10cmで 5×5cm²），
〃　〃　〃　〃　（深さ10cmで 10×10cm²）

以上の条件でr線を照射し標準 Film と同時現像し，黒化度の比較により深部線量を推定し各々の等線量曲線を画いた（附1～8）．深部率は深さ10cmまで Johns の実験値と略々一致した．

(2) 線量計による等線量曲線の描記：

東芝線量計により水のファントーム内に於いて1cm間隔で測定し，等線量曲線を描いた（附9～14）．

(3) 「V・D」に於ける計算値と実験値の相異：（Tele Cobalt-60 の場合）

実験値の「V・D」は厚紙に5％までの等線量曲線を画き，その曲線に沿つて切り抜き，目方を計り，同質の厚紙の単位面積の目方で除して面積を求めた．5％より外側の部分については後述する．前章（A）(2)で述べた計算値と図計算による実測値とを比較すると，表3に示す通りである．之れより判断すると Film 法と線量計による方法とは「V・D」に於いては殆んど同一値を示したが，計算値とは非常な違いを生じた．

以上より本実験は全べて線量計による実測値「V・D」を用いた．F×Aは図5（a）5（b）に示す．

(4) 漏洩及び散乱線量について：

頸部照射（頸部食道癌）の同一例に対しX線，Tele Cobalt-60 各装置で比較した．（図6（a），6（b））

照射野　4×8cm²，　身長 160cm

照射野外の線量率を表4に示す．

照射部位は 100%，測定器は神戸工業製サーベーメーター

表　3

厚さ 18cm の場合　　Air Dose 100r (単位は Megagram r)

装置	FSD又はSSD	実験照射時	計算値	容積線量	本影	容積線量	本影	備考
X線	50 cm	10×10	0.273	0.168		0.146	0.079	0.131
	〃	6×15	0.125	0.109 ※		0.094 ※	0.078 ※	0.117 ※
	〃	6×8	0.057	0.076 ①		0.059 ②	0.043 ①	0.056 ②
	〃	4×6	0.0264	0.036		0.027	0.025	0.0235
Co^{60} III	25 cm	9.8×9.8	0.118	0.162	0.148			
	〃	7.8×7.8	0.076	0.113	0.095	0.116	0.074	0.034
	〃	5×5	0.02	0.093	0.028			
	〃	4.4×4.4	0.016			0.063	0.016	0.023
Co^{60} 101	30 cm	10×10	0.13	0.19	0.148			
	〃	8.7×8.7	0.099			0.116	0.096	0.06 ※
	〃	7.8×7.8	0.08	0.17	0.09			①
	〃	5×5	0.032	0.067	0.025			0.04
	〃	4×4	0.017			0.0566	0.015	
Co^{60} 107	65 cm	12.2×12.2	0.20	0.34	0.208	0.347	0.21	0.103
	〃	7.2×7.2	0.068			0.143	0.07	0.07
	〃	3.2×3.2	0.011	0.12	0.011			

※① Wolf の図より求めた。　※②③ 5% までの Johns の Isodose curve より求めた。
※④ F.S.D 40cm の計算値　※⑤ 半影。

X線は wolf の図を用いた計算値の容積線量と Johns の実験結果の等線量曲線を図計算して求めた容積線量との比較

Tele-Cobalt-60 は Mayneord の式を用いた計算値の容積線量と Film 法及び線量計法によつて求めた等線量曲線を図計算して求めた容積線量との比較

5％の等線量曲線より外側の体質を 500cm²×60cm，とすると，その「V・D」は5％までの「V・D」の

「Co^{60} III」は17％ (0.17 Mg-r/0.1 Mg-r)

「Co^{60} I」は4％弱

「Co^{60} VII」は1％以下．（0.3％）

となつた．以上より「Co^{60}III」は照射中心部より

図5 (a) Tele Cobalt-60, R.I.T.-101型 S.S.D. 30cmを照射して線量計により求めた．容積線量因子（F）照射野の大きさ（A），と体の厚さとの関係を各照射野について求めた曲線

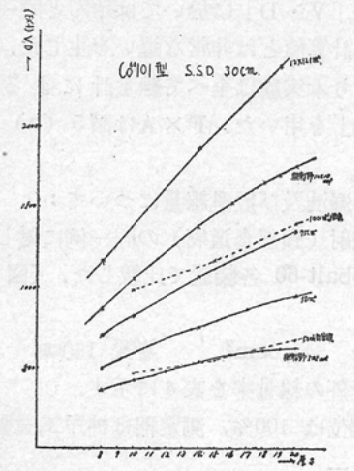


図5(b) Tele Cobalt-60. R.I.T.- 107型 S.S.D. 65cmを照射して線量計により求めた容積線量因子（F）×照射野の大きさ（A）と体の厚さとの関係を各照射野について求めた曲線

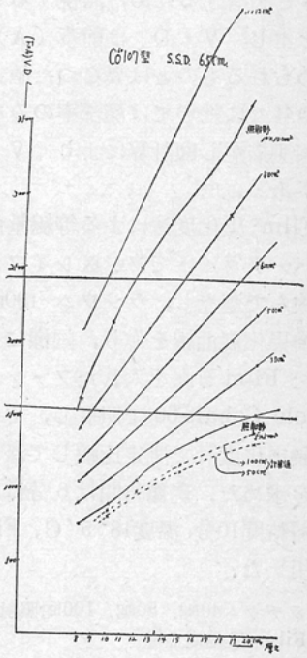


表　4

装　置	FSD又はSSD	心窩部	臍部附近	足背部
「X　線」	40cm	over＊	0.038％	0.001％
「CO^{60} III」	25cm	0.41％	0.36％	0.06％
「CO^{50} I」	30cm	0.18％	0.046％	0.014％
〃	40cm	0.29％	0.081％	
「CO^{60} VII」	65cm	0.11％	0.03％	0.001％

20cm外側の1％の等線量曲線まで「V・D」の中に加算すべきであり，「Co^{60}I」.「Co^{60}VII」は5％までの等線量曲線で求めた「V・D」で充分である．

(5)　小括：

1)　Tele Cobalt-60 装置：

(i)　東芝 R.I.T.-3 型．50curie, S.S.D. 25cmを「Co^{60}III」と略す．

(ii)　〃－101型．100curie, S.S.D. 30cmを「Co^{60}I」と略す．

(iii)　〃－107型．1000curie, S.S.D. 65cmを「Co^{60}VII」と略す．

以上の装置で照射し，Film 黒化度法及び東芝

図6（a）「CO^{6} Ⅲ」で頸部照射を行つた際の散乱及び漏洩線量点線は体表及び体背の平均値曲線

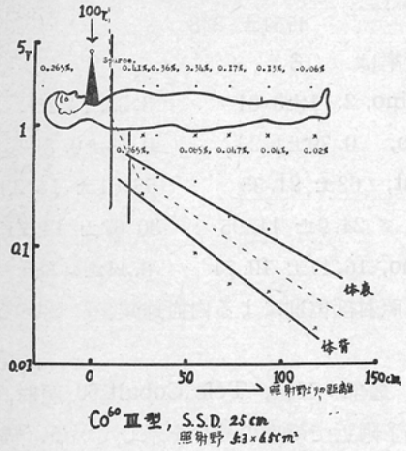
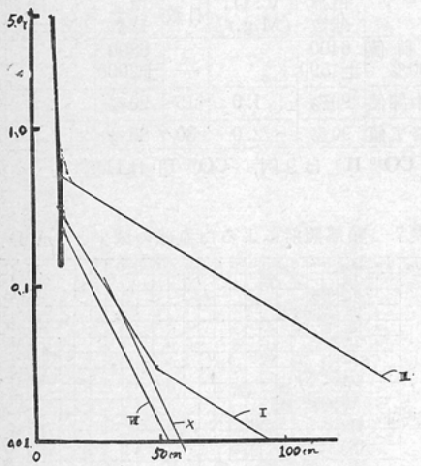


図6（b）「CO^{60}III」,「CO^{60}I」,「CO^{50}VII」及び「X線」で同一照射野を用いて頸部照射を施行した際の散乱及び漏洩線量の体表及び体背の平均値曲線の比較



線量計を用いた方法により等線量曲線を描き，それを図計算し容積線量を求めた．計算値（Mayneord の式を用いた）は実験値に比較し容積線量の値は小さかつた．

2） X線深部治療装置．180KV, 20mA, Filter Cu 0.7mm+Al 0.5mm, H.V.L. Cu 1.01mm, F.S.D. 40cmを「X線」と略す．容積線量は Wolf の図を用いて算出し，Johns の実験結果の等線量曲線を図計算することにより求めた容積線量と前者を比較した．其の結果は殆んど同一値を示した．

3） 漏洩及び散乱線量についてはTele Cobalt-60の場合，各装置に検討した結果，「Co^{60}I」,「Co^{60} Ⅶ」は5％までの等線量曲線の図計算で充分であるが，「Co^{60}III」は1％まで図計算しなければならない．但し本症例での「Co^{60}III」は頸部照射だけに使用した．これ等の結果により

容積線量（「V・D」）は以下のことにより求めた．

「V・D」＝F×A×D Megagram r,

Aは照射野の大きさ（cm^2）Dは空中線量（r），Fは因子．

「X線」は Wolf の図よりFの値を求めた．

Tele Cobalt-60 は線量計による等線量曲線描記を図計算することによりF×A，を求めた．但し実効照射野を80％とし，5％までの等線量曲線で図計算した．

（B） 本実験：

（1） 各症例の「V・D」について

a）頭，頸部：32例，b）胸部，29例，c）腹部：33例の3群の照射部位別に分け各症例の「V・

表5　a）頸部

（1） X線照射

Case No.	病名	照射門数	照射野	空中線量	照射距離	照射深度	照射基準点深さ	照射線量	月 σ	F×A×D	脳幹線量	脳幹線量
1	咽頭癌	頤部	8×3	300r	17	24	3.3	3450	11.8	0.11	0.07	1.87
2	〃	〃	2×8	200r	29	33	3	4100		0.06		1.45
3	〃	〃	3×8	200/5回 250r	32	39	3	4325	12	0.082		2.9
4	下咽頭癌	3	4×7	250r	25	30	4	4500	12	0.1		2.5
5	〃	3	4×10	250r	28	34	4,3,3.4	6132	12	0.17		4.76
6	頸部食道癌	3	5×8	250r	16	22	4	2928	12	0.17	0.07	2.73
7	〃	3	6×8	250r	21	27	3.5,4.0	5250	8	0.14		2.94
8	〃	頤部	2.5×6	200r	43	50	3.5	6100	12	0.5		21.5
9	〃	〃	8×3	300r	24	31	3.5	5400	12	0.1		2.4
10	〃	3	6×8	200r	20	27	4,3,3.4	3100	12	0.09		1.8
11	甲状腺癌	1	8×10	300r	20	23	5	4200	12	0.43	0.27	8.6
12	〃	2	8 互 10×6×8	250r	25	35	3 互 4	4750	12	0.34		8.5
13	頤部癌	1	10×15	250r	8	26	5	1136	12	0.62		4.96

（2） コバルト照射Ⅰ型

Case No.	病名	照射門数	照射野	空中線量	照射距離	照射深度	照射基準点深さ	照射線量	月 σ	F×A×D	脳幹線量	脳幹線量
1	咽頭癌	2	13×6.5	300r	16	18	3.5	3544	8	0.1		1.8
2	〃	2	5×6	300r	26	30	2.5	6075	7	0.07		1.75
3	〃	2	14×6.5	300r	28	48	3.5	5130	6	0.04	0.09	1.16
4	下咽頭癌	2	15×10	300r	20	22	3.5	3700	8	0.21		4.2
5	〃	2	5.5×6.5	300r	24	32	3.5	5148	8	0.09		2.34
6	上頤癌	2	13×6.5	300r	31	76	3	5128	9	0.11		3.41
7	〃	2	6×8	400r	12	14	3	2784	7.2	0.14		1.18
8	頸部食道癌	4	4×8	250r	24	36	4, 3	4360	7	0.06		1.5
9	喉頭癌	2	4.5×15	400r	15	37	4	3774	10	0.12		3.12
10	口底癌	1	6×8	400r	15	43	3	3040	8	0.14		2.1

（3） コバルト照射Ⅰ型

Case No.	病名	照射門数	照射野	空中線量	照射距離	照射深度	照射基準点深さ	照射線量	月 σ	F×A×D	脳幹線量	脳幹線量
1	咽頭癌	2	6×8	300r	25	29	3	5775	9	0.13		3.25
2	〃	2	8 互 12.5×8	250r	22	25	3.5	4059	9	0.14		3.98
3	喉頭癌	1	8×10	300r	15	29	4	3240	8.8	0.24		3.6
4	舌 癌	1	6×8	400r	15	34	5	3240	8	0.21		3.15
5	頤部癌	1	8×10	300r	19	35	3	4200	8	0.29		4.6
6	舌癌	1	7×8	300r	10	16	4	2120	9	0.15		1.5
7	上頤癌	2	7×10	300r	28	38	5	5440	10.5	0.22		6.16
8	上咽頭癌	2	互 14×8, 8×8	300r	20	23	3	4680	10.5	0.19		3.8
9	甲状腺癌	2	7×4	300r	17	39	3	3774	9	0.11		1.17
10	口蓋癌	1	10×10	300r	25	28	4	5500	10.5	0.32		8.0

表5　b）胸部

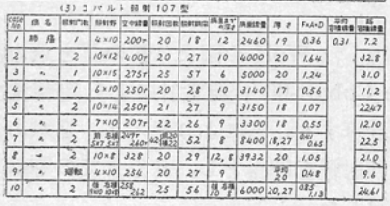
（1）X線照射



（2）コバルト照射 I 型

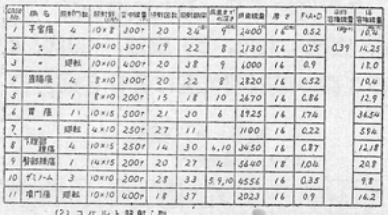


（3）コバルト照射 IOT 型



c）腹部

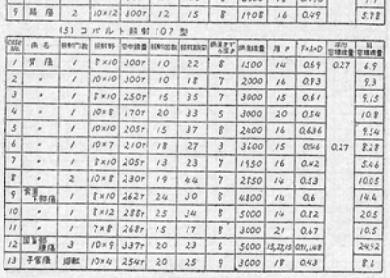
（1）X線照射



（2）コバルト照射 I 型



（3）コバルト照射 IOT 型



D」を表5に示した．

（2）X線及び Tele Cobalt-60 照射による各症例の末梢血液の変動．

（i）白血球：照射前の癌患者 158例の白血球総数及び白血球百分率は次の如きであつた．

Leuco,	6379±2720	♂7266	♀5647
Eosino,	3162±1116		
Ly,	1751± 848		

百分率は　♂　♀

Eosino,	2.71±3.81	3.33±3.73
Boso,	0.79±1.26	0.48±0.74
Neut,	63± 21.53	55.61± 14.23
Ly,	24.9± 11.95	30.67± 14.71
Mono,	16.17± 10.74	6.11±4.38

以下照射部位別による白血球減少について述べる．

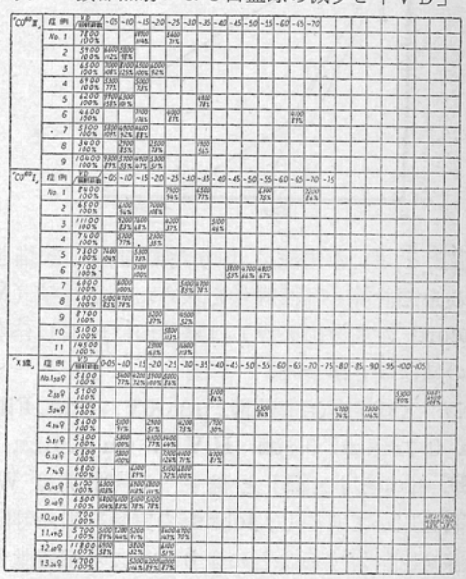
a）頸部：X線，Tele Cobalt-60 照射，共に照射終了附近で軽度の減少を示している．（表6，

表6　白血球減少と「V・D」及び照射期間

装置	X線			CO^{60}		
例数	13			20 *		
	白血球数	V.D.(M.g.r)	日数	白血球数	V.D.(M.g.r)	日数
照射前値 100%	6400 ± 590			6800 ±2000		
照射中間値	90%	1.0	15	90%	1.5	15
照射終了値	90%	2.0	30	80%	2.5	30

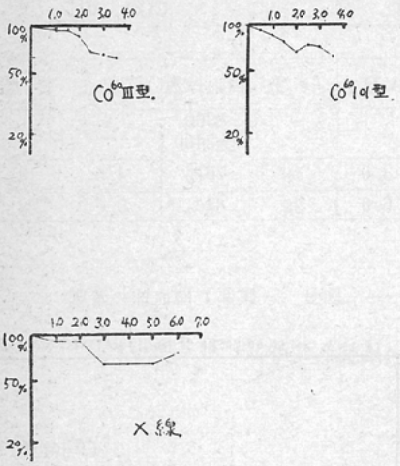
＊「CO^{60} II」は9例，「CO^{60} I」は11例

表7　頸部照射による白血球の減少と「VD」



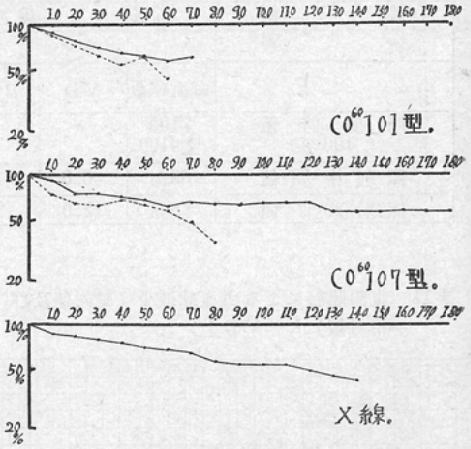
（白血球数は絶対値及び相対値）

図7　（頸部）白血球の変動



白血球減少（相対値）と「VD」との関係曲線

図8　（胸部）白血球の変動

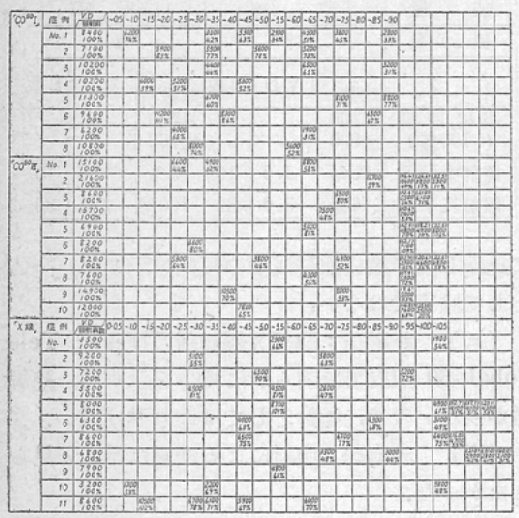


白血球減少（相対値）と「VD」との関係曲線
＊点線は計算値，実線は実測値

表8　白血球減少と「V・D」及び照射期間の関係

装置	「X線」			「CO^{60} I」			「CO^{60} VII」		
例数	11			8			10		
	白血球数	「V.D」	日数	白血球数	「V.D」	日数	白血球数	「V.D」	日数
照射前値（100%）	6800 ±700			11600 ±4000			11600 ± 970		
照射中間値	60%	6.0	15	62%	4.0	18	65%	4.5	9
照射終了値	50%	12.0	30	56%	8.0	36	55%	9.0～18	18～35

表9　胸部照射による白血球減少（絶対値及び相対値）と「VD」



7，図7参照）

図7は各症例の減少曲線を算術平均したものである．

b)　胸部：X線と Tele Cobalt-60 を比較すると殆んど大差がなかつた．（表8，9，図8参照）共に著しく減少した．

図8は各症例の減少曲線を算術平均した曲線である．

c)　腹部：X線は Tele Cobalt-60 に比較し減少率が稍々小さい値を示した．（表10，11，図9参照）

胸部照射に次いで可成りの減少率を示した．

（ii）　白血球百分率

イ）　リンパ球

a)　頸部：X線は軽度の減少を示すも，Tele Cobalt-60 は殆んど変動を示さなかつた．（表12，

表10　白血球減少と「V．D」及び照射期間との関係

装置	「X　線」			「CO^{60}　I」			「CO^{60}　VII」		
例数									
	白血球数	「VD」	日数	白血球数	「VD」	日数	白血球数	「VD」	日数
照射前値（100%）	7100 ±4100			6000 ±3300			8300 ±2400		
照射中間値	80%	6.0	15	98%	3.0	13	70%	4.5	14
照射終了値	75%	12.0	30	62%	6.0	26	64%	9.0	28

表11　腹部照射による白血球減少（絶対値及び相対値）と「VD」

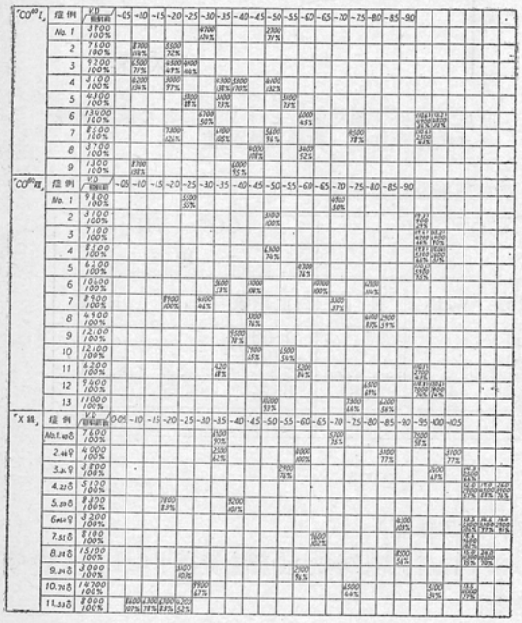


図10参照）

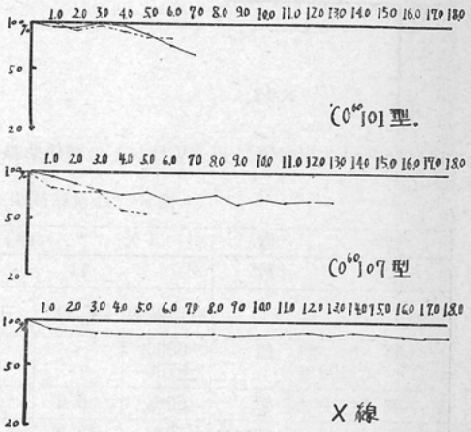
b)　胸部：X線，Tele Cobalt-60，共に略と同程度に「V・D」に比例して著しい減少率を示した．（表13，14，図11参照）

c)　腹部：X線，Tele Coblat-60，共に胸部照射例に次いで略と，同程度に「V・D」と比例したリンパ球の減少率を示した．（表15，16，図12参照）．

ロ)　好中球：好中球はリンパ球ほど著明ではないが，胸，腹部照射では「V・D」に比例して減少を示した．（表17，図13 (a)，13 (b)，13 (c)）

（ハ）　単核白血球：胸，腹部では「V・D」

図9　（腹部）白血球の変動



白血球減少（相対値）と「VD」との関係曲線
＊点線は計算値，実線は実測値

表12　頸部照射によるリンパ球減少と「V・D」及び照射期間との関係）

装置	「X　線」			「CO^{60}　III」		
例数	13			11		
	リンパ球数	「VD」	日数	リンパ球数	「VD」	日数
照射前値（100%）	2200 ±900			1730 ±700		
照射中間値	95%	1.5	16	95%	1.4	15
照射終了値	70%	3.0	32	100%	2.8	30

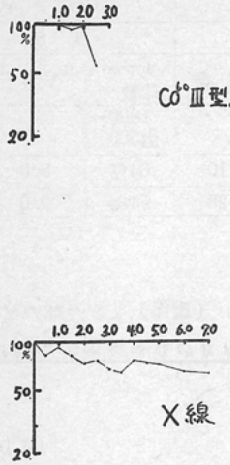
に比例して単核白血球減少の傾向を示すが，全体として顕著ではない．

（ニ）　好酸球：胸部X線照射及び腹部 Tele Cobalt-60 照射では明らかに減少を示すが，絶対数が少ないので，指針としては取り挙げ難い．

(iii)　赤血球：照射による変動は殆んど見られなかつた．

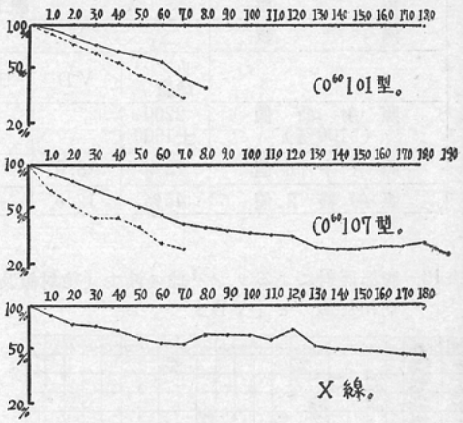
(iv)　網状赤血球：頸部照射例は「V・D」

図10　（頸部）リンパ球の変動



リンパ球減少（相対値）と「VD」との関係曲線

図11　（胸部）リンパ球の変動



リンパ球減少（相対値）と「VD」との関係曲線
＊点線は計算値，実線は実測値

表13　胸部照射によるリンパ球の減少と「VD」及び照射期間との関係

装置	「X線」			「CO^{60} I」			「CO^{60} VII」		
例数	11			8			10		
	リンパ球数	「VD」	日数	リンパ球数	「VD」	日数	リンパ球数	「VD」	日数
照射前値（100%）	2240 ±900			3500 ±2500			4400 ±2700		
照射中間値	66%	5.0	10	64%	4.0	10	42%	7.0	15
照射終了値	50%	12.0	28	36%	8.0	28	25%	15.0	33

表14　胸部照射によるリンパ球の減少（絶対値と相対値）と「V．D」

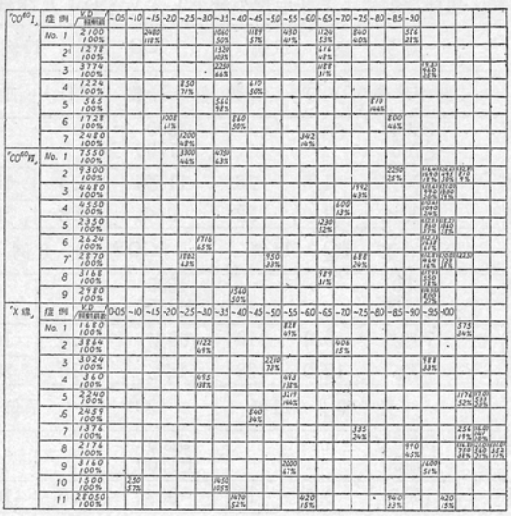


表15 腹部照射によるリンパ球の減少と「VD」及び照射期間との関係

装置	「X 線」			「CO^{60} I」			「CO^{60} VII」		
例数	11			7			8		
	リンパ球数	「VD」	日数	リンパ球数	「VD」	日数	リンパ球数	「VD」	日数
照射前値（100%）	2200 ±1500			1370 ±800			1800 ±500		
照射中間値	72%	3.0	10	80%	4.0	10	64%	5.0	10
照射終了値	45%	12.0	28	50%	6.0	28	54%	9.0	30

表16 腹部照射によるリンパ球の減少（絶対値及び相対値）と「VD」

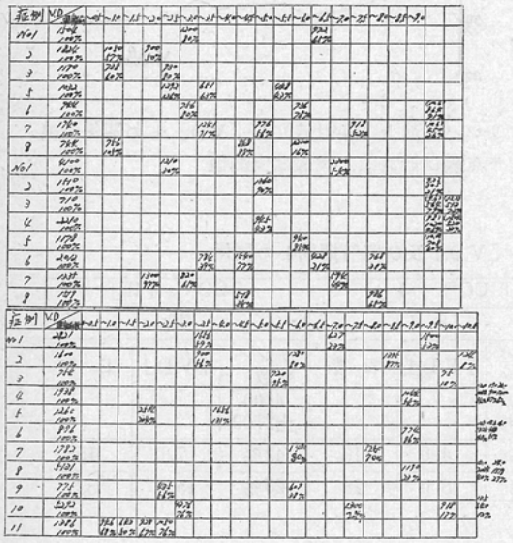
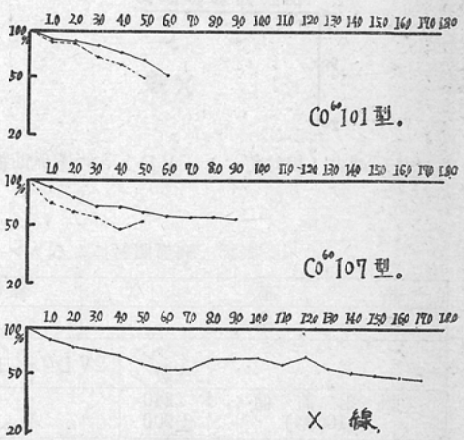


図12 （腹部）リンパ球の変動



リンパ球の減少（相対値）と「VD」との関係曲線
＊点線は計算値，実線は実測値

表17 頸，胸，腹部照射による好中球の減少と「V・D」及び照射期間との関係

	装置及び例数	「X 線」 11例			「CO III」 11例					
頸部		好中球数	「VD」	日数	好中球数	「VD」	日数			
	照射前値（100%）	3300 ±700			4300 ±1700					
	照射中間値	100%	1.5	16	110%	1.4	15			
	照射終了値	100%	3.0	32	95%	2.8	30			
胸部	装置及び例数	「X 線」 11例			「CO^{60} I」 8例			「CO^{60} VII」 10例		
	照射前値（100%）	3300 ±1700			4800 ±2600			5600 ±2500		
	照射中間値	70%	5.0	10	60%	4.0	10	85%	7.0	15
	照射終了値	70%	12.0	28	48%	8.0	28	90%	15.0	33
腹部	装置及び例数	「X 線」 11例			「CO^{60} I」 7例			「CO^{60} VII」 8例		
	照射前値（100%）	3200 ±1900			3200 ±1300			5400 ±500		
	照射中間値	100%	3.0	10	96%	4.0	10	86%	5.0	10
	照射終了値	100%	12.0	28	100%	6.0	28	68%	9.0	30

図13　頸，胸，腹部照射による好中球減少（相対値）と「VD」

図13（a）頸部

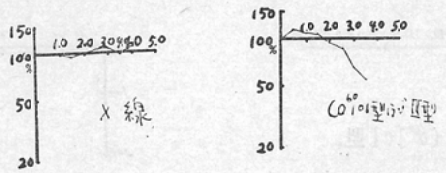


図13（b）胸部

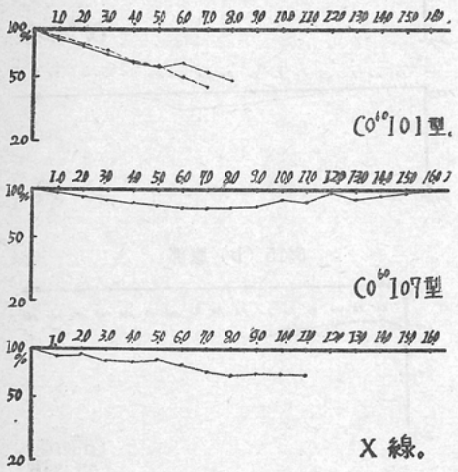
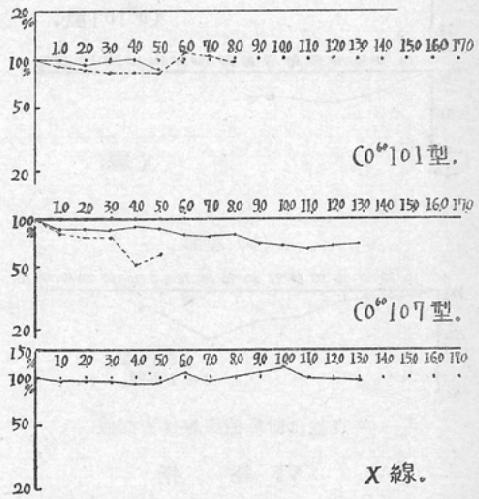


図13（c）腹部



＊点線は計算値，実線は実測値

表18　網状赤血球の減少（相対値）と「VD」及び照射期間との関係

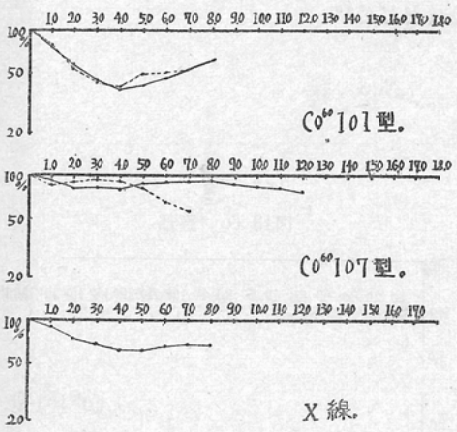
全例	頸部		胸部				腹部			
	18例 0.19～1.94%		20例 0.21% ～ 3.1%				17例 0.20% ～ 5.9%			
平均	1.05% 「CO^{60} III」		1.20 %				1.24%			
症例	0.19～1.94%		「X線」 6例 0.35～1.6	「CO^{60} I」 5例 0.93～2.1	「CO^{60} VII」 9例 0.21～3.1	「VD」	「X線」 2例	「CO^{60} I」 4例	「CO^{60} VII」 11例	「VD」
照射前値（100%）	1.22	「VD」	.86	1.24			1.66	2.12	1.60	
照射中間値	87%	1.0	60%	38%		4.0		65%		6.0
照射終了値	70%	2.5	68%	65%		8.0		70%		12.0

に比例し軽度の減少を示した．又胸，腹部照射例は照射開始後間もなく一時減少をし，漸次にして恢復後又減少傾向を示した．（表18，図14(a)，14(b)）

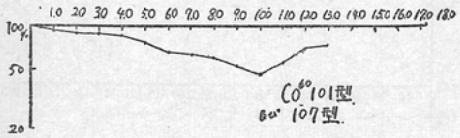
（v），血色素：頸，胸，腹部照射例共に殆んど変動を示さなかつた．

（vi）　血小板：頸部照射例では殆んど変動を示さなかつた．胸部照射例では軽度の減少を示し，腹部照射例ではX線は照射開始後漸次減少傾向を示し，Tele Cobalt-60 は殆んど変動を示さなかつた．（図15（a），15（b）参照）

図14　胸，腹部照射による網状赤血球の減少（相対値）と「VD」
(a) 胸部



(b) 腹部



＊点線は計算値実線は実測値

図15　胸，腹部照射による血小板の減少（相対値）と「VD」
図15 (a) 胸部

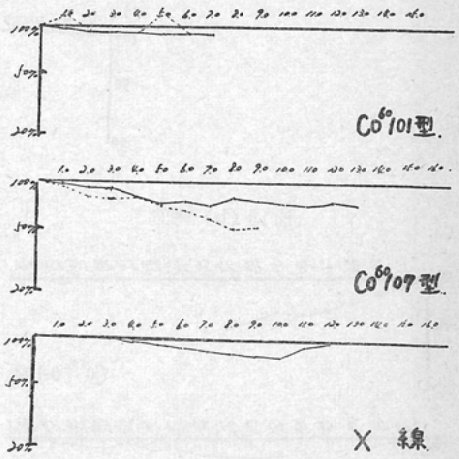
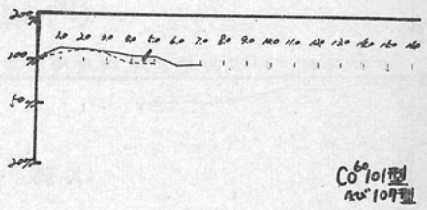
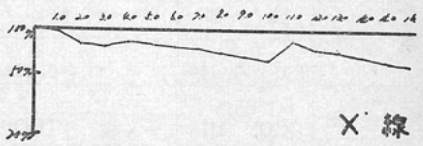


図15 (b) 腹部





＊点線は計算値，実線は実験値

VI 総　括

1) 「V・D」の計算については Tele Cobalt-60は半影が大きく「V・D」に及ぼす影響も大きいため Mayneord の計算値は適用しなかつた．Film 黒化度法による「V・D」の測定には可成りの信頼度があつた．更に東芝線量計により測定し，他の「V・D」値と比較検討した．本実験では「V・D」の計算は東芝線量計による実測を用いた．

X線については Johns の実験を表1，で比較し，Wolfの図の妥当性を認め，これを「V・D」の計算に用いた．

2) 末梢血液の変化は胸，腹部では白血球特にリンパ球の減少著しく「V・D」とリンパ球減少率の間には一定の相関々係を見出した．頸部は照射終了附近で白血球総数は軽度に減少し，リンパ球はX線照射が軽度の漸減を示した．頸部では「V・D」との間には相関々係を見出されなかつた．

3) 網状赤血球は胸，腹部では照射開始後1時減少し，間もなく恢復，其の後また減少を示した．「V・D」との関係は考按の項にて詳述する．)

4) 血小板は胸，腹部では「V・D」に比例して軽度の減少を示した．特に腹部X線照射例で顕著であつた．

VII 考　按

以上の結果より以下のことを考按した．

(1) 各装置(Tele Cobalt-60)の半影が「V・D」に及ぼす影響について

(2) 「V・D」と腫瘍（病巣）線量との関係

（3） 白血球総数及び白血球百分率の減少と「V・D」との関係

（4） 耐容「V・D」について

（5） 各装置での relative tumor volume dose について

（6） 照射部位による各装置の適応性について

附）網状赤血球の減少と「V・D」との関係

1） 各装置の半影が「V・D」に及ぼす影響について：装置及び構造は図2 (a), 2 (b), 2 (c), 2 (d), の如くで，その本影及び半影の「V・D」を計算した．計算を簡略するため尖端が切断された角錐の体積の求め方を低面積と上面々積との和の1/2に更に高さを乗じたものを用いた．

V_M……本影の体積

V_MD……本影の「V・D」

V_H……半影の体積

V_HD……半影の「V・D」とすると

$$\frac{C'}{C}=K\ (\text{constant})\ a'=\left(\frac{e+d}{f}\right)$$

$$=\left(\frac{e+d}{e}a\right)=H\ (\text{constant})$$

$$V_M=(X^2+X^1)d/2=\left[x^2+\left\{\frac{(x+a)c'}{c}-a'\right\}^2\right]d/2$$

$$=\left[X^2+\{K\ (x+a)-H\}^2\right]d/2,$$

$$=\left[(K^2+1)x^2+2K(Ka+H)x+K^2a^2+H^2-2aHK\right]d/2,$$

$$V_H=\left[(x+2a)^2-x^2+(x'+2a)^2-x^2\right]\ d/2$$

$$=4\times(ax+a^2+a'x'+a')^2d/2,$$

$$=4\times\{a(x+a)+H(x+a)\ K-H^2+H^2\}$$

$$=4(x+a)(a+HK)\ d/2,$$

$$\left(\because\ x^1=\frac{(x+a)\ (c')}{c}-a'\right.$$
$$\left.=\ (x+a)\ K-H\right)$$

之れを図に示す．（図16, 17）

「Co^{60}III」の $\frac{V_H}{V_M}=\frac{24(x+1.2)}{x^2+(1.72x-0.2)^2}$,

「Co^{60} I」の $\frac{V_H}{V_M}=\frac{31.9(x+1.4)}{x^2+(1.6x-1.32)^2}$,

「Co^{60}VII」の $\frac{V_H}{V_M}=\frac{38.4(x+3.4)}{x^2+(1.27x-0.6)^2}$,

2） 「V・D」と腫瘍（病巣）線量との関係：Ellis, Henry と癌研（塚本）に於けるものを比較した．

図16　照射野の大きさと半影の体積との関係

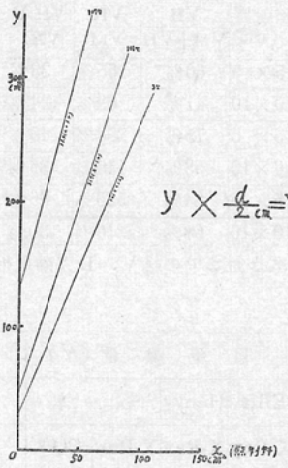
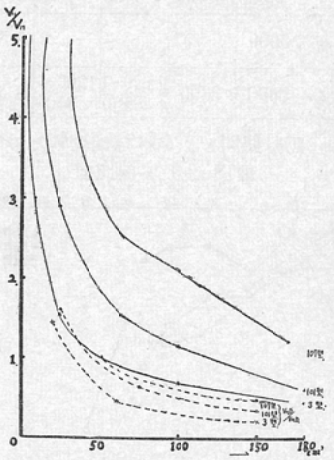


図17　照射野の大きさと本影の体積に対する半影の体積の割合との関係



＊点線は本影の容積線量に対する半影の容積線量を比較した場合の照射野の大きさとの関係曲線

腫瘍線量及び「V・D」共に Ellis, Henry に比し稍々小さい値を示した．（表20参照）

3)白血球総数及び白血球百分率について：照射前の白血球総数及び照射期間とリンパ球減少との関係を，他の諸学者のものと比較すると表21，図18 (a), 18 (b), 18 (c), 18 (d), に示す通りである．これより白血球総数は他の諸学者に比し，殆んど大差はなかつた．

又，照射期間とリンパ球減少との関係を各照射部位別につき他の学者の結果（図18 (c), 18 (d)）

表 19

装置	照射野 (m^2)	$\frac{V_H}{V_M+V_H}$	$\frac{V_H}{V_M}$	$\frac{V_{H.D}}{V.D}$ *	$\frac{V_{H.D}}{V_{M.D}}$
「CO^{60} III」	5× 5	60%	155%	33%[1]	144%
〃	10×10	41%	69%	24%[2]	36%
「CO^{60} I」	5× 5	75%	290%	60%[3]	160%
〃	10×10	53%	115%	36%[4]	63%
「CO^{60} VII」	5× 5	84%	530%	66%[5]	128%
〃	10×10	68%	210%	30%[6]	48%

* 1) V．Dは5%までの総V．D実効照射野 4.4×4.4cm²
2) V．Dは5%までの総V．D実効照射野 9.8×9.8cm²
3) V．Dは2%までの総V．D，実効照射野 4×4cm²
4) V．Dは3%までの総V．D実効照射野 8.7×8.7cm²
5) V．Dは3%までの総V．D実効照射野 7.2×7.2cm²
6) V．Dは5%までの総V．D実効照射野12.2×12.2cm²

表 20

部位	腫瘍線量(γ)				照射野 (cm²)				容積線量 (Mgr)			
	Ellis	Henry	塚本		Ellis	Henry	塚本		Ellis	Henry	塚本	
照射装置	X-Ray	X-Ray	X-Ray	CO^{60}	X-Ray		X-Ray	CO^{60}	X-Ray	X-Ray	X-Ray	CO^{60}
喉頭癌	5000	6300	4500	5000	2×(6～8)		4×6	6×8	4.53	1.55	3.0～1.5	3.0～1.2
肺癌	4000～5500	1000～6500	1000～3400	1000～4000	5×(6～8) 4×(10～15)		8×10 10×15	8×(10～15)	30.0～19.0	2.70～5.0	20.2～2.2	8.0～10.0 7.0～32.0
食道癌	6000				8×(4×15)		4×10	(4～8)×10	31.1		5.2～35.6	7.0～10.5
胃癌	5600	3600	1100～6000	1300～3500	8×(8～10)		10×(4～15)	8×10	17.24	24.6～43.2	26.0～3.3	3.0～10.0

図18 照射期間とリンパ球減少率との関係

図18 (a) X線照射

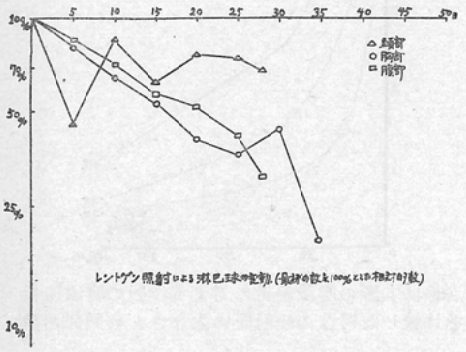


図18 (b) Tele Cobalt-60 照射

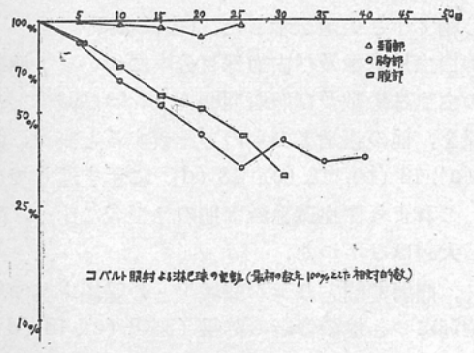


図18 (c) X線照射 (Henry)

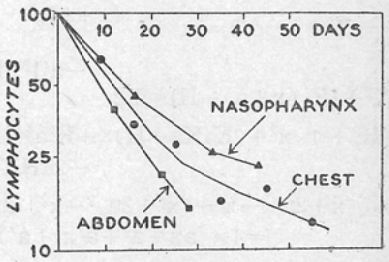
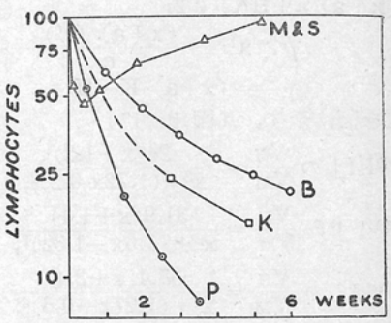


図18 (d) X線照射 (諸学者)



B：Bush の頸部照射症例
K：Henry の骨盤照射症例
P：Price の骨盤照射症例
M&S:Minot と Spurling の胸，腹部照射群

表21 諸学者の報告した健康成人の白血球数平均値と著者の癌患者の白血球数平均値

	白血球平均値	好中球	淋巴球	備考
A. Pappen-hein	7000	4750	1800	
O. Naegli	7000	4750	1750	
Türk	7000	4000	2250	
v Schelling	6000	4020	1380	
A. ERE	7741	4685	2253	3098例
Blachburn	7372	4101	2653	642例
Os good	7410	4085	2782	262例
小宮，北島	7000	4578	1816	
安井	6821	3677	2224	
中山	6730	3768	2264	
尼子	——	——	——	——
滝川，塚本	6550	3734	2267	2074例
大谷	6379±2720 { ♂7266 ♀5647	3162±1116	1751± 848	158例

	Eosino	Baso	neut	Ly	Mono
滝川 ♂			57.8	33.9	
小宮 ♂	3.49±2.41	0.06±0.20	53.51±8.94	32.23±8.72	6.01±3.31
大谷 ♂	2.71±3.81	0.79±1.26	63±21.53	24.9±11.95	16.17±10.74
滝川 ♀			56.8	34.8	
小宮 ♀	3.42±1.91	0.19±0.29	56.3±8.29	31.39±7.79	5.46±3.36
大谷 ♀	3.33±3.73	0.48±0.74	55.61±14.23	30.67±14.71	6.11±4.38

小宮等の 101名，正常人白血球百分率と癌患者 158例とを比較し又，滝川の2074例とも比較した．

表23 照射部位別より見たX線及び Tele-cobalt-60 照射によるリンパ球及び中好球の減少と容積線量及び照射期間との関係

部位	頸部			胸部				腹部			
装置	Henry X線	X線	CO^{60}	Henry X線	X線	CO^{60} 101	CO^{60} 107	Henry X線	X線	CO^{60} 101	CO^{60} 107
症例		13	20	3	11	8	10	13	11	9	13
照射前（L）		2200 ±900	1730 ±700		2240 ±900	3500 ±2500	4400 ±2700		2200 ±1500	1370 ±800	1800 ±500
〃 （N）		3300 ±700	4300 ±1700		3300 ±1700	4800 ±2600	5600 ±2500		3200 ±1900	3200 ±1300	5400 ±500
照射中間値（L）		95%	95%	70%	66% (10日)	64% (10日)	42%	45% (10日)	72%＊3) (10日)	80%＊4) (10日)	64%＊5) (10日)
〃 （N）		100%	110%		70%	60%	85%		100%	96%	86%
照射終了値（L）		70%	100%	28% (28日)	50% (28日)	36%＊1) (28日)	25%＊2)	15% (28日)	45%＊6) (28日)	50%＊7) (28日)	54%＊8)
〃 （N）		100%	95%		70%	48%	90%		100%	100%	68%
V.D/day	0.08	0.07	0.023 ～0.16	0.48	0.56～ 0.26	0.25	0.4～ 1.2	0.9	0.4	0.10～ 0.45	0.23～ 1.08
Total V.D		3.5	1.2～ 6.1		12.0	5.0～ 12.0	7.0～ 32.0		18.0	3.0～ 13.0	5.5～ 25.0

＊ 1) 8.0Megag.r, 2) 15.0Megag.r, 3) 3.0Megag.r, 4) 4.0Megag.r, 5) 5.0Megag.r,
6) 12.0Megag.r, 7) 6.0Megag.r, 8) 9.0Megag.r, （L）リンパ球 （N）好中球
リンパ球以外は特に著明な変動を示さず，比較対照の意味で中好球を記し併せて Henry 結果とも比較した．

表24　照射部位別による耐容「VD」と照射期間

部位	装置	最小耐容「VD」	最大耐容「VD」	期間	耐容「VD」
胸部	「X線」	15.0Mg-r	19.0Mg-r	35日	17.0Mg-r
	「CO^{60} I」	15.0 〃	21.0 〃	30～35〃	18.0 〃
腹部	「X線」	25.0 〃	36.0 〃	30 〃	30.0 〃
	「CO^{60}」	17.0 〃	21.0 〃	30 〃	19.0 〃
頸部	殆んど変化せず				

「CO^{60}」は「CO^{60} I」及び「CO^{60} VII」

と著者の結果（図18(a), 図18(b)）とを比較すると略々同じ様な傾向を示した．但し頸部照射のみ他の学者の如き減少を示さなかつた．

更に，白血球百分率の変動，特にリンパ球と好中球について「V・D」との関係を Henry の結果と表23で比較考察した．これによると好中球は胸，腹部照射例では減少を示すもリンパ球程著しくはない．X線照射例は著者のものに比し，Henry のものが胸，腹部に於いてはリンパ球減少が著明であつた．但しそれは同一照射期間についてであり，「V・D」は Henry が大であつた．

4）耐容「V・D」について：

耐容「V・D」については Henry が報告した照射前のリンパ球数が25%に減少する「V・D」を用い，これを最大耐容「V・D」と名付け，更に著者の所では白血総数が3000～2000になると中止をする（本症例は例外）ので，照射前治の平均値を9000～6000と考えると，照射前の白血球総数が30%に減少した場合に中止することになる．このことより白血球総数が照射前の30%に減少した「V・D」を最小「V・D」と名付けた．又，最大耐容「V・D」と最小耐容「V・D」の中間値を耐容「V・D」と名付けた．

減少率曲線に対し仮りに傾向線を引いて見ると表24のようになる．これより考えると胸部照射でX線も Tele Cobalt-60 も略々耐容「V・D」は同じ位で，腹部照射ではX線が遥かに Tele Cobalt-60 より耐容「V・D」が大である．

傾向線は曲線の最初の傾向での直線の部分を主として撰んだ．何故ならば曲線の最後の部分は例数も少なく，照射時間も永いし，又生体の抵抗として白血球を3000の線に維持しようとする傾向もある．又同一期間で照射すれば其の傾向は対数グラフの直線の上にある筈で，此の意味で片対数表を使用した．

5）各装置でのrelative tumor volume doseについて：一定の深さで一定の体積の腫瘍に照射する際の$\frac{\text{吸収された「V・D」}}{\text{腫瘍体積}\times\text{腫瘍線量}}$を相対的腫瘍容積線量 relative tumor volume dose と名付けた．（以下 r.t.v.d. と略す．）要約すると r.t.v.d. とは1 cm^3の腫瘍に1r 照射した場合に体内に吸収された「V・D」であり，r.t.v.d. が小である程良いわけである．厚さ18 cm，空中線量 100r 照射で各装置を比較すると，

（i）　照射野，5×5 cm^2の場合，(図19 (a) 参照)

5%までの「V・D」で比較すると図19（a）により「X線」，「Co^{60}I」，「Co^{60}III」，「Co^{60}VII」の順で r.t.v.d. は大となる，即ち不良となる．但し深さ8 cm以上では「Co^{60}III」より「Co^{60}VII」が良くなる．又，深さ14cm以上では「Co^{60}I」が「X線」に優先する．計算値は本影のみと考えて良く，これによると深さ5 cmまでは「X線」「Co^{60}III」殆んど優劣なくそれ以上の深さでは「X線」より「Co^{60}III」がr.t.v.d.小となり優れる．「Co^{60}III」の本影に半影を加えたものを図示すると r.t.v.d. は相当に小さい値を示し，5%までの外側影をこれに更に加えると r.t.v.d. は非常に大きな値を示した．

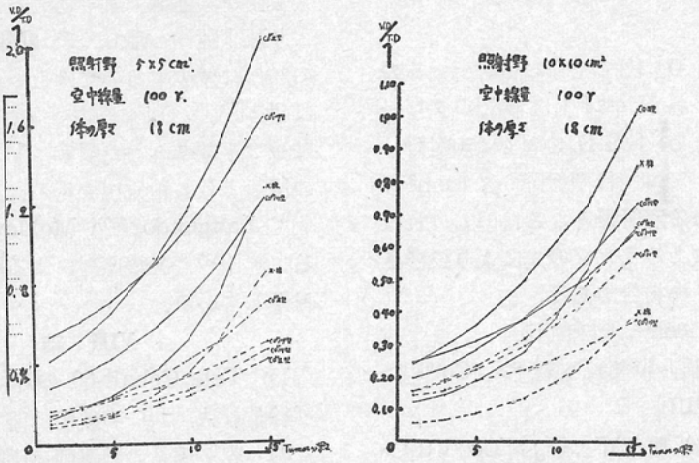
（ii）　照射野，10×10cm^2の場合：(図19(b))

等線量曲線の5%までの範囲を計算に入れた「V・D」で比較すると図19（b）の如く

深さ 7.5cmまでは「X線」「Co^{60}I」「Co^{60}VII」

図19　厚さ18cm，空中線量 100r 照射に於ける単位腫瘍線量時の腫瘍の深さと「VD」との関係

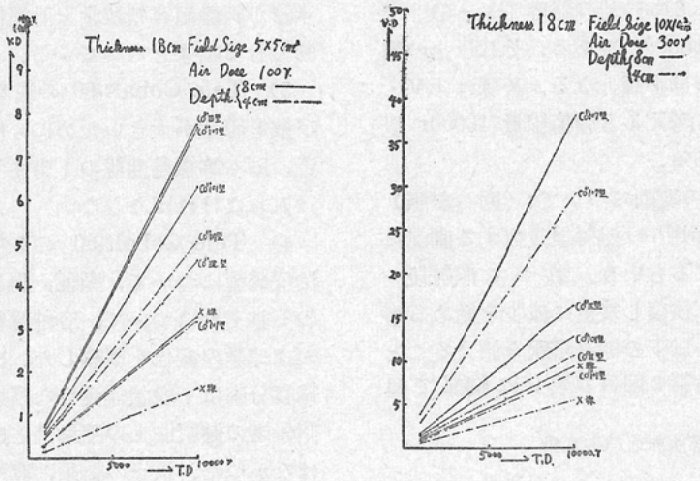
図19（a）照射野 5×5cm²　　図19（b）照射野10×10cm²



＊点線は計算値，実線は実測値，破線（—・—）は半影を加えた計算値

図20　は厚さ18cm空中線量 100r 照射に於ける深さ 8 cm及び 4 cmの腫瘍線量と「VD」の関係

図20（a）照射野，5×5cm²　　図20（b）照射野10×10cm²



「Co^{60}III」

深さ 7.5cm以上では「X線」,「Co^{60}VII」,「Co^{60}I」,「Co^{60}III」

深さ11cm以上では「X線」,「Co^{60}VII」,「Co^{60}I」,「Co^{60}III」

深さ12.5cm以上では「Co^{60}VII」,「Co^{60}I」.「X線」,「Co^{60}III」

以上の順で大となる．計算値は

深さ14cmまでは「X線」,「Co^{60}VII」,「Co^{60}I」,「Co^{60}III」

の順で大となる．それ以上の深さでは「Co^{60}VII」が「X線」より小である．

6）照射部位による各装置の適応性について：体の厚さ18cmの場合：適＞不適と略すと，

i）照射野 5×5cm²,図20(a)に示す如くr.t. v.d. より考えると．

深さ8cmまで（胸，腹部）「X線」>「Co^{60}I」>「Co^{60}III」>「Co^{60}VII」

深さ8cm以上（胸部）「X線」>「Co^{60}I」>「Co^{60}VII」>「Co^{60}III」

以上は耐容「V・D」内で充分に照射出来るので問題とはならないが「Co^{60}I」は線源がクローバ状を呈しているため，S.S.D.40cmでは照射野，8×8 cm^2，S.S.D. 30cmでは照射野6×6 cm^2以上でないと凹凸のある照射野となる．但しこれは線源より数mm手前にあるランプの光により投影された照射野の大きさの場合である．

ii） 照射野10×10 cm^2，図20（b），

深さ7.5cmまで（胸，腹部）「X線」>「Co^{60}I」>「Co^{60}VII」>「Co^{60}III」

深さ 7.5cm以上（胸，腹部）「X線」>「Co^{60}VII」>「Co^{60}I」>「Co^{60}III」

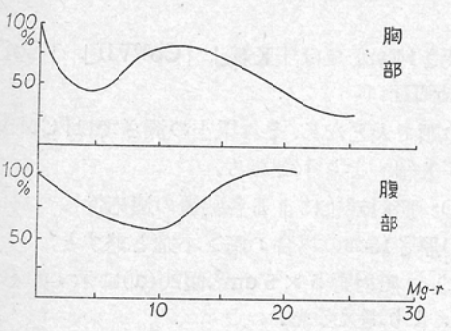
深さ10cm以上（胸部）「Co^{60}VII」>「X線」>「Co^{60}I」>「Co^{60}III」

耐容「V・D」より考えると「Co^{60}VII」は腫瘍線量4800rが深さ8cmの時の耐容「V・D」であり，深さ4cmでは6000rである．それ以上の腫瘍線量を欲するならば不適となる．X線は「V・D」のみの観点より考えると腫瘍線量 10000r 以上でも照射可能である．

（附）網状赤血球の変動について：（図21参照）

Lambin u Cornil[57] は照射後貧血する直前に網状赤血球は増加するという．従つて照射後一時減少し，間もなく恢復し後更に減少を始める事実から推定すると，以下の様な解釈を加えることも可能である．即ち第2回目の減少は胸部では14.0Mg-r附近より減少し始め，20.0Mg-rで最初の数の30%に減少し更に腹部では胸部の傾向線（算術平均曲線）より考えると，20.0Mg-r 附近より減少開始し恐らく35.0Mg-r 附近で最初の数の30%に減少するのではないかと思われた．これは耐容「V・D」値と略々一致した．以上より白血球減少を基準とした耐容「V・D」を網状赤血球の減少よりも推定出来得る．又第2回目減少について Langendorf[50], Moldowsky[51] も述べている．滝川[53]もX線照射による網状赤血球の減少に言及している．

図21 網状赤血球の変動



VIII 結 論

1） Tele Cobalt-60 の容積線量は Film 法及び線量計法，共に実験値は略と同一値を示した．

2） 容積線量の計算値は実験値に比し著しく小さい値を示した．即ち計算値は本影のみの値であつて，実験値の容積線量より半影及び其の外側の部分を除いて見ると，表3の如く計算値の容積線量と略と一致した．即ち線源の大きさに由来する半影が実験値容積線量を計算値容積線量より増大せしむる結果となつている．

3） Tele Cobalt-60 の或る装置は漏洩線量及び散乱線量が大きいために，照射中心より20cm附近，即ち等線量曲線の1%までを容積線量の計算に入れなければならない．

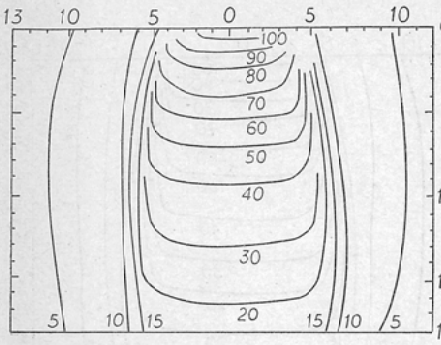
4） Tele Cobalt-60 の3種の装置と深部X線治療装置について，頸部，胸部，腹部の治療症例のそれぞれについて，容積線量を計算し，その際の血球数の変化を観察した．白血球総数及び白血球百分率は一般状態良好な癌患者 158例について諸学者の健康成人の平均値と比較して殆んど大差はなかつた．以上の結果，容積線量が大となれば白血球，特にリンパ球がそれに比例して減少を示すことが見出された．

5） リンパ球が照射前値の25%に減少したところを最大耐容々積線量とし，白血球総数が照射前の30%に減少しところを最小耐容々積線量としその中間値を耐容々積線量とした．（前章考按の(4)参照）

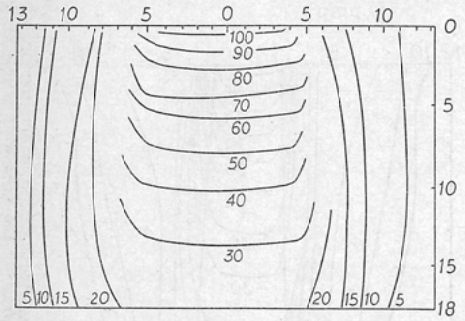
耐容々積線量値は

胸部；X線 17.0Mg-r.

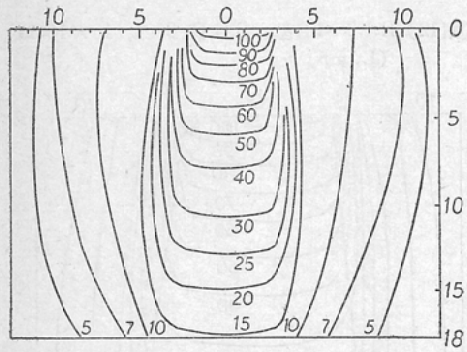
（附１）　R.I.T.-Ⅲ, S.S.D. 25cm(20cm— 6 × 8 cm²)



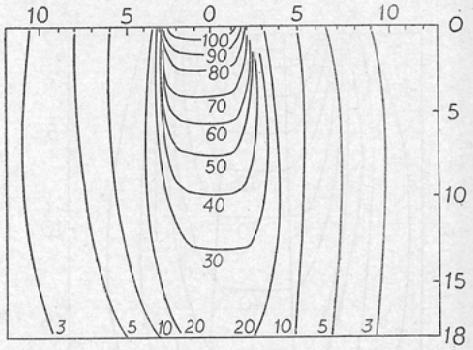
（附２）R.I.T.-Ⅲ型25cm (S.S.D.)10×8.5cm²(10cm)



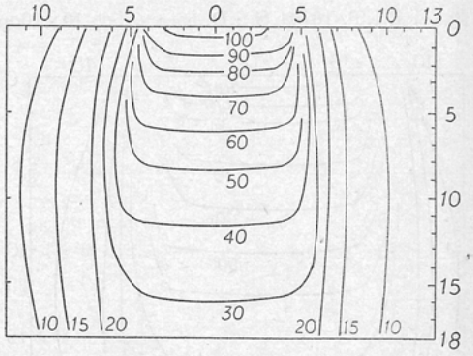
（附３）R.I.T.-Ⅲ型 S.S.D. 25cm 5.3× 6.5 cm²
(5.3cm)



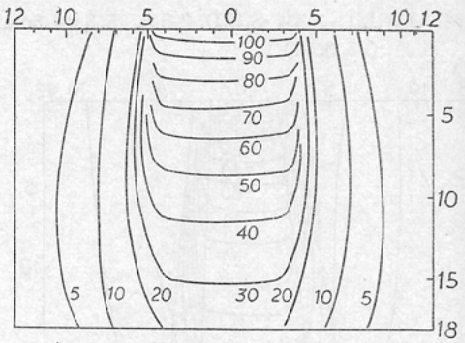
（附４）R.I.T.-101型, S.S.D. 30cm, 5 × 5 cm²



（附５）R.I.T.-101型, S.S.D. 30cm, 10×10cm²



（附６）R.I.T.-101型, S.S.D. 30cm



Tele Cobalt-60, 18.0Mg-r,
腹部；X線　　30.0Mg-r,
Tele Cobalt-60, 19.0Mg-r,

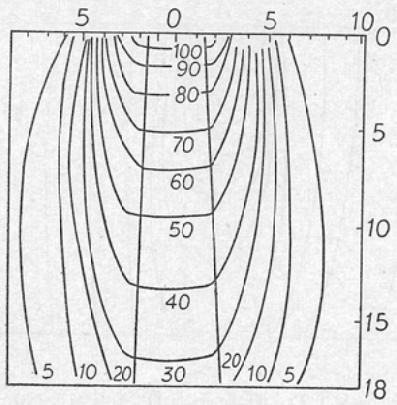
となり，X線，Tale Cobalt-60 殆んど大差はない．但し，腹部ではX線が Tele Cobalt-60 に比し耐容々積線量は大となる．頸部は容積線量による有意な変動は見られなかつた．

6）網状赤血球は照射後一度減少後第２回目の減少を示す附近が丁度，白血球が30%に減少したところで耐容々積線量に一致した．

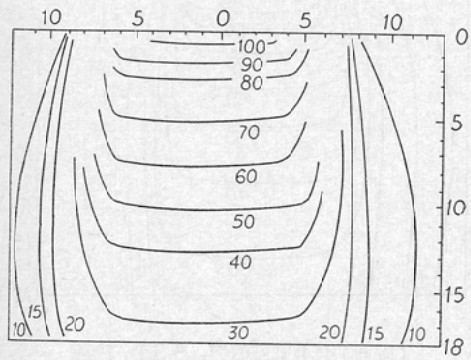
7）血小板は胸部では軽度の漸減傾向を示し，特に腹部X線照射では著明であつた[53)54)55)56)]．

8）装置の適応性を定めるためには相対的腫瘍容積線量（relative tumor volume dose）を出

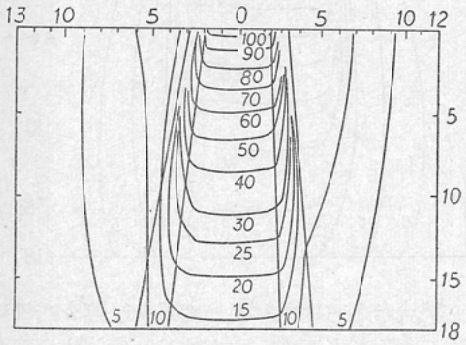
(附7) R.I.T.-107型, S.S.D. 65cm(75cm- 5×5cm²)



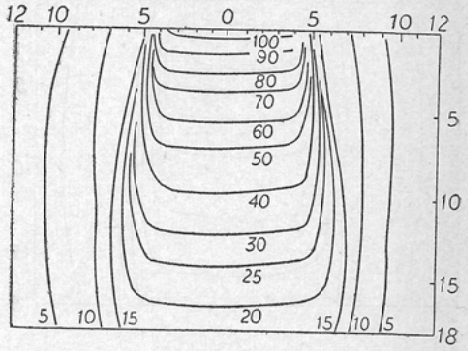
(附8) R.I.T.-107型, S.S.D. 65cm (75cm-10×10cm²)



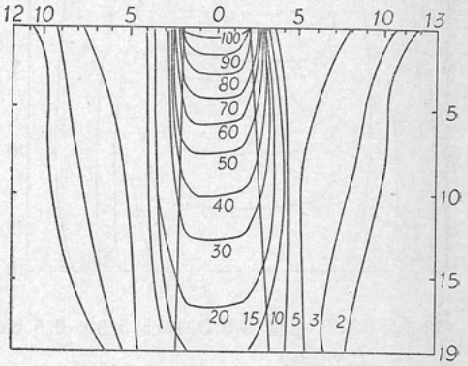
(附9) R.I.T.-Ⅲ型, S.S.D. 2.5cm, 5.3×6.5cm² (5.3cm)



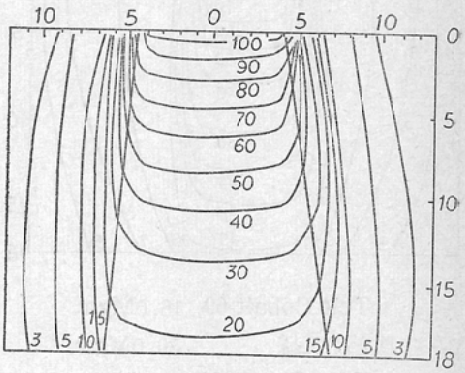
(附10) R.I.T.-Ⅲ型, S.S.D. 25cm, 10× 8.5 cm² (10cm)



(附11) R.I.T.-101型, S.T.D. 30cm, 5×5cm² (Lump)



(附12) R.I.T.-101型, S.S.D. 30cm, 10×10cm² (Lump)

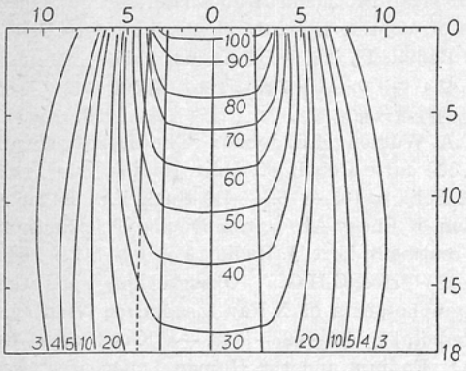


来るだけ小となし，耐容々積線量を越えないように照射することが必要である．即ち相対的腫瘍容積線量を小さくするためには次のことを考慮しなければならない．

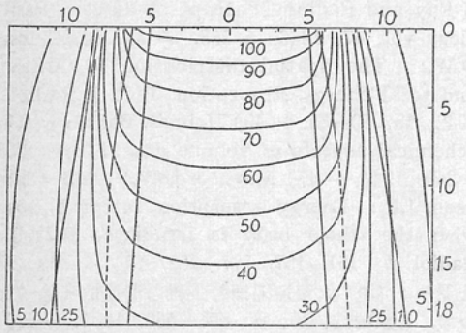
a) 線源が小さいこと，b) 線源と開口部の距離が大であること，c) 開口部と皮膚間距離は小さいこと（但し10cm以上）

以上のことより本実験に於いて使用した各装置を比較すると，例えば体の厚さ18cmの場合に

（附13）R.I.T.-107型，S.S.D. 65cm，5×5cm²



（附14）R.I.T.-107型，S.S.D. 65cm，10×10cm²



イ）　小照射野（5×5 cm²）では「X線」の次に「Co^{60}I」が適する．但し「Co^{60}I」は照射野の形が凹凸のあるものとなる故，「Co^{60}I」を考慮外とすれば，8cm以下の浅い腫瘍には「Co^{60}III」それ以上の深さでは「Co^{60}VII」が適する．

ロ）　大照射野（10×10cm²）では「X線」の次に 7.5cm以下の浅い腫瘍には「Co^{60}I」それ以上の深さの腫瘍には「Co^{60}VII」が適する．但し深さ8cmでの腫瘍線量5000r 附近が「Co^{60}VII」の耐容々積線となるため深さ11cmまでは腫瘍線量5000r 以上与えるためには「Co^{60}I」が適する．更に深さ11cm以上の腫瘍になると「Co^{60}VII」が最適である．

以上述べたことより，必要な腫瘍線量を与えるためには，単に皮膚の線量を計算するのみではなく同時に全身的並びに局所的に耐容々積線量（relative tumor volume dose）を出来るだけ小さくする装置を撰ぶことが望ましい．

（稿を終るにあたり御懇篤なる御指導を賜わった前部長塚本博士，千大，筧教授，信大，梅垣教授並びに線量測定に終始御指導下さいました尾内博士，御校閲賜わった部長山下博士並びに都立広尾病院田崎博士，便宜を計つてくれた検査室の前田君に深く感謝の意を表します）．

この論文の要旨は昭和34年4月の日本医学総会放射線分科会に於て報告した．

文　献

1) Senn, N.: "Case of splenomedullary Leukaemiasuccessfully treated by the use of Roentgen Rays". N.Y. Med. Rec. 1903, 64, 281. —2) Heineke, H.: "Uber die Einwirkung der Röntgenstrahler auf innere Organe". Münch, med. Wrchr, 1904, 51, 785. —3) Minot, G.R., and Spürling, R.G.: "The Effect on the Blood of Irradiation, especially Short wave-length Roentgenray Therapy". Amer. F. Med. Sci., 1924, 215. —4) Ellis, F.: Volume Dosage in Deep X-Ray. Therapy part2, The Correlation of Biological Effect with Volume Dose. Brit. J. Radiol. 15 : 194—201, july 1942. —5) Henry, I. Kohn: Changes in the Human Leukocyte Count During X-Ray Therapy for Cancer and Their dependence upon the Integral Dose. Radiolog. Vol. 64, 1955. — 6) Ellis, F.: Volume Dose in Radiotherapy I. bid. 240—246, 1935. —7) Mayneord, W.V.: Energy absorption. Brit. J. Radiol. 1940, 13, 235—247. — 8) Happy, F.: Volume integration of dosage for X and Gamma radiation. Nature, 1940, 145, 968—669. —9) Ellis, F.: Brit. J. Radiol. 1942, 15, 174—177. —10) Happy, F.: Volume integration of dosage for X and Gamma Radiation. Nature, 1940, 145, 668—669. —11) Mayneord, W.V.: Energy absorption. Brit. J. Radiol. 1949, 13, 235—247. —12) Bernard, S. Wolf, M.D.: Volum dosage in radiation therapy. Am. J. Roent. &Red. Thera. 53, 1945, 77—79. —13) Quimby: Integral Dose and Total Energy absorption. Physical Foundations of Radiology. — 14) Fuchs: Röntgentherapie. Urban 1958. p. 20. —15) Happy, F.: The Integration of radiation dosage and the absorption of energy in tissue for X and Gamma radiation. Brit. J. Radiol. 1941, 14, 235—241. —16) C.M. Wilson: Energy absorption and Integral dose in X-Ray and Radium Therapy A Review. Radiol 1946, 47— 263—378. —17) 江藤秀雄：放射線の作用量に関する考察（其の1）日放医誌，13, p. 540～544, 1953. —18) 宮川正，田坂晧：放射性"コバルト"60による研究，日放医誌，11, p. 29～33. 1951. —19) Ellis, F.: Volume dose in radiotherapy. I bid 240—246, 1935. —20) Gr-

ay, L.H.: Ionization method for the absolute measurement of Gamma Ray energy. Proc. Roy. Soc. Lond. Series A. 1936, 156, 578～596. —21) Mayneord, W.V.: Total energyabsprption in Biological objects. Nature 1940, 145, 972～973. —22) Happy, F.: Volume integration of dosage for X and Gamma radiation. Nature, 1940, 145, 668—669. —23) Gray, L.H. and Read, J.: Mesurement of Neutron dose in Biological experiments. Nature. 1939, 144, 439—440. —24) Clarkson, J.R.: Physical aspects. I bid p. 233—234, 1944. —25) Grimmet, L.G.: Contributions to Radium Therapy. Amer. J. Roentgenol, 41, 432—436, 1939. —26) Grimmet, L.G.: Medical uses of Radium Summary of reports from Experimental Research Centres 1938. Brit. J. Radiol 14, 1—10, 1941. —27) Wilson, C.W.: Energy absorption in the Trunk in the Radium Treatment of Breast cancer by Interstitial and Surface Ap plicator Methods. Radiol 46, 364—372, 1946. —28) Bush, F.: Energy absorption in Radium Therapy. Brit. J. Rad. 19, 14—21. 1946. —19) Scott, S.G.: Wide-Filed X-Ray Treatment. London George Newness 1939. —30) Quimby. E.H.: Use of long target-skin distances in ro entgen therapy. Am. J. Roentgenol & Rad. Therapy. 1936, 16, 343—349. — 31) Breaestrup, C.B.: Personal Communication. —32) Phillips, Ralph: Super voltage X-Ray Therapy. H. K. Lewis Co. Ltd. Lond. 1944, p. 108—109, 129. —33) T. Leucutia: The significance of the vo lume dose. Am. J. Roent. 1946, 55, p. 91—93. —34) Urgar, E.M.: Efficiency of radiation and homogeneity. Brit. J. Radiol. 1943, 16, 376—380. —35) Haybittle, J.L.: Acta Radiol. 42. 65—74, July 1954. Meredith: The production of isodose curves and the caluculation of energy absorption from standerd depth dose data. Brit. J. Radiol 17, 75, 1944. C. Parkard: Radiology. 30. 1938, 613. 1953. —36) 江藤秀雄：エックス線の作用量及びその分布（其の3，其の4）日放医誌，9，p. 11～17, 1949. —37) Ledrman, M. and Clakson J.: Radium Treatment of the Oesophagus. Brit. J. Radiol 18. 22—28, 1945. Hahn: Theropeutic use of Artificial Radio-Isotopes. p. 405—406. — 38) Clarkson, J.R.: Physical, Biochemical and Therapeutic Aspec ts of Volume Dose, L. physical aspects. Brit. J. Rodiol. 18. 233—234, August 1945. —39) 宮川正他：コバルト60-γ線による遠隔照射に於ける空間的線量分布に就いて，日放医誌，1953. —40) T.A. Watson, H.E. Johns: The Saskatchewan 1.000 curie Cobolt 60, Unit. Radioh 1954, vol. 62 Feb., p. 165—176. —41) Busl, F.: Estimation of Enegy Absorption During Tele Radium Treatment. Brit. J. Radiol. 16, 109—112, 1943. —42) Price, C.H.G.: Observations upon the Lympho-penia of X-Ray Irradiation. Brit. J. Radiol. 21, 481—493, 1948. —43)Goodfellow, D. R.: Radium and the Human Leucocytes, Acta. Radiol 17, 1—50, 1936. —44) Wilson, C. W.: Energy absorption and Integral dose in X-Ray and Radium Therapy. A Review. Radiology vol. 47, 1946, p. 263. — 45) Smithers, D.W.: The spatial distribution of X-Rays and total energy absorption. Brit. J. Radiol. 1942, 15, 50—55. —46) Holmes, Barbara: Biochemical aspects of volume dose, I bid. 238—240, 1944. —47) Mayneord, W.V. and Clarkson, J.R.: Energy absorption, Integral Dose when the whole body is irradiated. Brit. J. Radiol 17, 151—157, 177—182, 1944. —48) 村上晃一：Co^{60} 大量遠隔照射装置の漏洩散乱線に就いて，日放医誌，15，p. 558—560, 1955. —49) H.F. Johns: The Physics of RadiationTherapy. —50) Langendorf: Strahlentherapie. 55, 307, 1936. —51) Moldowsky: Folia Hämatol. 36, 145, 1928. —52) 滝川清治他：放射線障害の血液学指標，名古屋医学，74巻4号，938, 1957. —53) Mottram, J.C.: "Some Effects of expousure to Radium on the Blood platelets". I bid, 1923, 16, 9. —54) Cronkite, E.P.: Atomic Medicine. chap. VIII, New York, 1949, p103. —55) A.C. Upten: The pathogenesis of the Hemorragie state in Radiation Sickness. A. Review Blood. vol. 10, 1156, 1955. —56) H. schwigh: Künstliche Radioaktive Isotope in Physiologie. Diagnostik und Therapie. p. 183, 1957. —57) Lambin & Cornil: Compt, Rend. Soc. Biol. Paris, 107, 264, 1931.

Changes in the peripheral blood during X-ray or tele-Co-60 therapy for cancer patients and their dependence upon the volume dose.

By

Takao Otani, M.D.

Radiolgy Department, Hospital of the Japanese Foundation for Cancer Research.

1) Volume dose in Tele-Co-60 therapy was determined by the actual measurement using dosimeter of ionization type or even film method. Calculation value was very uncertain, in the case of Co-60 due to the error caused by the penumbra, while in the case of X-ray caclulation value was more reliable.

2) In some types of Co-60 Telethrapy units leakage of gamma rays and scattered rays are incosiderable, which must be taken into cosideration in the volume dose.

3) On the cancer cases treated with X-ray or Teleccobalt-60 radiation, correlation between the volume dose given and the changes of periphelar blood were discussed, dividing. The cases in three groups, i.e. irradiadiation on cervical, thoracic and abdominal regions.

4) Decreases of leukocyte counts, especially those of lymphocyte counts were observed in proportion to the volume dose given with exception of cervical irradiation.

5) In cases of the thoracic region tolerable value of the volume dose was about 18 Mg-r for bote X-ray and Co-60 Teletherapy, i.e. there was little difference between them. In cases of the abdominal regions, tolerable value of the volume dose was 30 Mg-r for X-ray irradiation and 19 Mg-r for Co-60 Teletherapy. Finally in cases of the cervical region, no significant relationship was seen between volume dose and peripheral blood counts.

6) Reticulocyte counts showed initial decrease followed by the main decrease after a short recovery period. The main decrease of reticulocyte counts was seen after the exposure to tolerable volume dose in cases of thoracic and abdominal regions.

7) In the thoracic and abdominal irradiation, slight decrease of platelete counts was observed proportionally to the volume dose given.