

Title	放射性ストロンチウム-90-イツトリウム-90による β 線治療に就て(附, 燐-32 β 線表在治療)
Author(s)	宮川, 正; 森榮, 卯輔; 廣石, 全司
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1954, 14(7), p. 440-445
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18749
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

放射性ストロンチウム-90-イットリウム-90によるβ線治療に就て(附、燐-32β線表在治療)

横濱醫科大學放射線科教室(主任 宮川正教授)

宮川 正 森榮 卯輔 廣石 全司

(昭和29年4月23日受付)

On the Treatment by β-ray with external Use of Strontium-90—Yttrium 90. by Tadashi Miyakawa. Utsuke Morie. Takashi Hiroishi, Radiological Department of Yokohama University of Medicine. (Director. prof. T. Miyakawa.)

緒 言

放射性同位元素による放射線治療は近時漸次盛んになり、特にラチウム代用としてのコバルト-60は吾國に於ても其の需用が急激に増加している。體外照射γ線源のコバルト-60に對しβ線源としても各種の放射性同位元素が各方面に於て既に實施されつゝある。そのうちストロンチウム-90並びに燐-32は表在薄層の病巣(血管腫、皮膚腫瘍等)治療のβ線源として將來増々使用されることゝ思う。特にストロンチウム-90は半減期が長く(19.9年)丁度從來のラジウムボタンβ線源の代用として好適のものである。當教室に於て既にストロンチウム-90を臨床的に使用し、其の使用法、治療成績に關し概略を得たので報告する。尙燐-32による體外β線照射治療成績も少數例ではあるが、ストロンチウム-90と比較する意味に於て附加する。

ストロンチウム-90に就て。

ストロンチウム-90(Sr-90)は表1の如き核崩壊を行う。Sr-90-Y-90の半減期は19.9年で長期使用が可能でありY-90-Zr-90の時放射するβ線のエネルギーは強く E_{max}. 2.35 Mev である。表在薄層病巣のβ線治療には適している。その吸収曲線は圖1の如くである。試みにパラフィン(比重0.92)を用い、フィルム黒化法により密着照射の場合の淺層の線量を測定した結果は表2の如くである。(此の線量分布に關しては後日詳

表 1

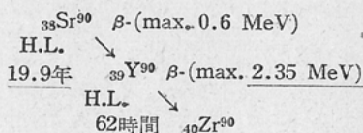


圖 1 Sr⁹⁰-Y⁹⁰ β線の吸収

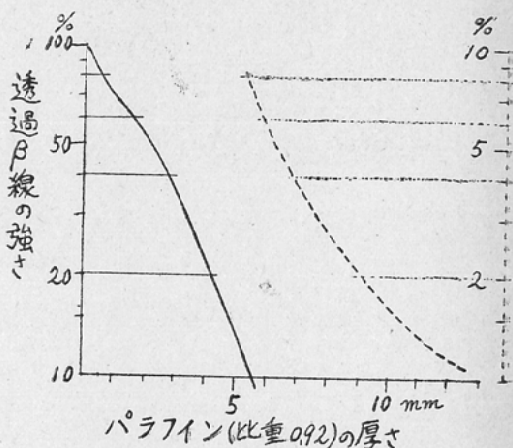


表 2 淺層に於ける線量分布(直徑2 cmの圓形平面線源による)

線源表面間距離	0	4.18mm
表面よりの深さ (mm)	0	4.18mm
0	100%	100%
1.41	30	26.7(?)
4.32	4.4	6.

しく測定する豫定である。

治療用Sr-90-Y-90β線源の試作

Sr-90の取扱いに關しては後記する如く餘程慎重にしなければならない。臨床的に用いる場合は患者の皮膚が、極く微量でもSr-90により汚染されることがあつてはならない。従つて今回の試作は第1にSr-90が外部にもれないこと、第2に線源が平面であるからSr-90の分布が出来るだけ均等であること等に留意した。圖2の各線源の大きさと強さは表3に示す如くである。

圖2 線源並に鉛粉混入コンパウンド

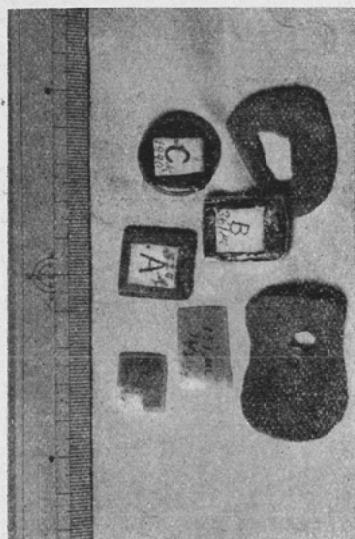


表 3

	線源の大きさ cm ²	放射能の強さ μC	μC/cm ²
A	1.6×1.8	824	286
B	1.7×2.0	361	106
C	(圓形 2.3)	1940	843
D	1.3×1.5	419	209
E	1.3×2.3	159	55

A線源は、あらかじめ薄く樹脂を塗つたアルミニウム箔(厚さ0.02mm, アルミニウム箔に小孔があるとイケないから孔うめの意味でレチンであらかじめ薄く塗布した。)を矩形箱とし、これにSr⁹⁰NO₃溶液を徐々に滴下して微温にて乾燥させ、しかる後レチン等にて密閉したものである。之は後述するものと比較するとSr-90の分布が不均等になり易い。

B線源は、今回は木綿糸にSr⁹⁰NO₃の溶液を出来るだけ均等に浸み込ませ乾燥した後此のまゝビニール等の樹脂で固定して之れを目的の長さに

切り、あらかじめレチンを薄く塗布したアルミニウム箔に前記のSr-90糸を筏状に並べ之れをレチンで包埋した。此の方法はSr-90糸を筏状に並べるとき間隙のないように注意する事。又やゝもすると糸にSr-90を浸み込ませる時、部分的にSr-90量が不均等になることがある。又糸に浸み込むだけのSr-90であるから餘り強い線源にはならない。之等の注意を守れば比較的均等な線源になる。

C線源は、Sr⁹⁰NO₃の溶液に炭酸ソーダ水溶液を加えSr⁹⁰CO₃の沈澱となし、これを數回遠心操作により水洗したものゝ樹脂(ビニール系)圓筒(底の厚さ0.9mm)の内に入れ均等に沈澱水分を徐々に蒸發させ充分に乾燥させた後レチン等にて密閉したもの。Sr⁹⁰NO₃沈澱法は操作階段が多いので他の方法に較べると損失が稍と大なるうらみがあるが線源としては均等である。

D-E線源は、良質な濾紙にSr⁹⁰NO₃の溶液を浸み込ませ乾燥後ラヂオアウトグラフを撮り濾紙の周邊のSr-90の不均等な部分を切り取り、而る後目的の大きさに切つて1枚或いは2~3枚重ねてレチンにて包埋したもの。

以上の方法にて試作したものを放射能既知(單位μC)の標準線源と電離測定により比較し、各線源の有効放射能(レチン或はアルミニウム箔等による吸収があるから外部に放射するβ線のみという意味)を測定した。その値は表3の如くである。

臨床用線源製作に對する考察並びに希望：

とりあえず上記の方法で試作したのであるが、樹脂系のものが長期間使用に耐えるかどうか、又樹脂系のものは厳密に云えば緻密質でなく長期間にSr-90が漸次微量なりとも擴散し、外部に浸出してくるおそれがあるかもしれない。従つて將來は之等の點をよく研究する必要がある。又斯る製作は各施設で行ふことは勞多くして又今回の經驗では或る意味に於て危険である。従つてメーカーが本格的に製作し安全第一のものにすることが必要である。

治療術式

今回は主として血管腫特に比較的薄いもの（病巣の厚さ2mm以下）並びに少数ではあるが餘り厚味のない皮膚癌の治療に使用した。

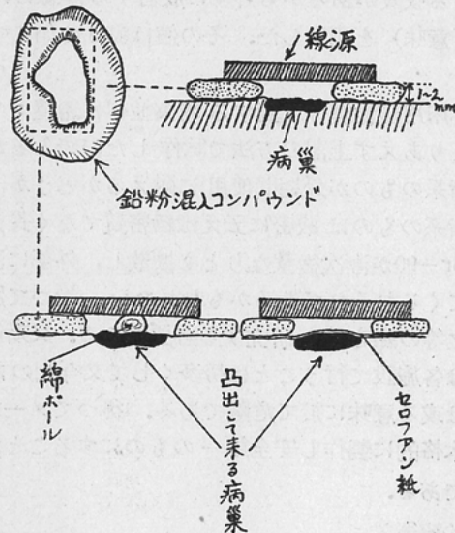
配量

時間的には大體從來のラジウム、コバルト-60等と同様な配量を行つた。即ち、血管腫の場合1クールとして連日或は隔日に4~6回、1回照射線量として50~150~250 μ ch/cm²、病巣の廣いものは其の面積に應じて平板線源を次々に並べて照射した。表3の各線源の強さから1回照射は30分~2時間かゝる。（表3のCは皮膚悪性腫瘍用）1クール終了後約1カ月の後、其の経過により次クールを行い、更に必要ならば再び1カ月間隔でクールを重ねた。

病巣周辺の正常皮膚の保護（鉛粉混入コンパウンドの使用）

病巣が平面線源より遙かに小さいもの、或いは不規則な形のものゝ照射を行う場合は、鉛粉を出來るだけ大量に齒科用コンパウンドに混入したものを温水にてあたため1mm位の厚さにして病巣の形に孔をあけ、これを病巣に一致させて絆創膏ではり、其の上に線源を置いて照射した。圖2の孔のあいたのが實物であり、使用法は圖3に示す如くである。此の場合鉛粉混入コンパウンドが1~2mmの厚さがあるのでやゝもすると孔の中央部の病

圖3 鉛粉混入コンパウンドの使用法

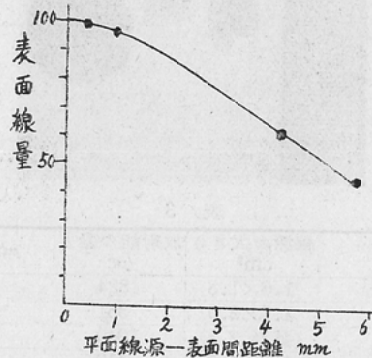


巣がもり上り、其の部位が線源に近くなり強照射を受け其の結果血管腫の褪色がぶちになる。これを防ぐため圖3に示す如く綿ボールを僅か入れるか、或は皮膚に接する側にセロファン紙をはり病巣を軽く壓迫して照射した。

鉛粉混入コンパウンドに就て。

今回は、鉛を金屬用ヤスリですり其の鉛粉を出來るだけ大量コンパウンドにねり込んだものである。温ためれば變形自由であり反覆使用出来る。1mmの厚さでSr-90-Y-90の β 線を90~98%吸收するので病巣周辺の正常皮膚は充分に保護される。使用經驗から便利なものだと思う。

線源皮膚面間距離による減弱。

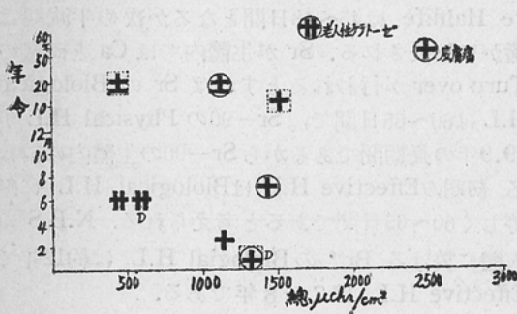


前記の如く鉛粉混入コンパウンド等のため病巣と平面線源との間が1~2mm位離れることもあるわけである。表面線量はその爲どの位減弱するかの概略をつかむためフィルム黒化法により測定した結果は圖4に示す如くである。その間隔に應じて照射時間を少し延長すればよい。

治療成績

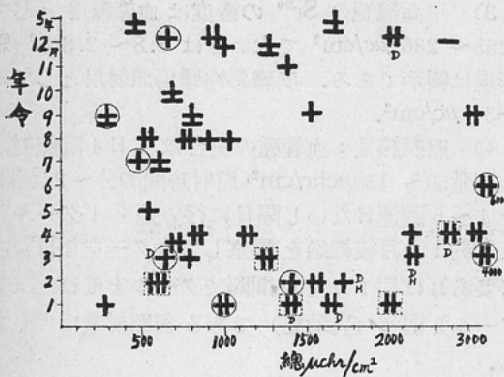
單純性血管腫8例、海綿狀血管腫（餘り病巣の厚くないもの1~2mmまでのを選んだ）42例、皮膚癌1例、老人性ケラトーゼ1例の治療成績は圖5、圖6の如くで比較的好成績といえる。

圖5 單純性血管腫(並に皮膚癌, 老人性ケラトーゼの治療成績



± 效果(褪色)僅かのもの
 + 褪色明かなるも赤色調の未だ認められるもの
 # 殆ど褪色せるも淡く桃色調の残るもの
 D はDepigmentation
 □ は P-32 を併用したもの
 ○ は男性

圖6 海綿状血管腫の治療成績



— 效果の全く認めなかつたもの
 ± 圖5と同
 + 褪色或は平坦化明かなるも顯著ならざるもの
 # 褪色, 平坦化顯著なるも淡く桃色調の残るもの
 □ 褪色, 平坦化顯著にして殆ど残病巣の目立たぬもの
 D □ □ 圖5と同
 H 脱毛

磷-32 (P-32) 溶液を良質の濾紙に浸み込ませ乾燥した後, ラチオアウトグラフを撮り周邊の不均等部分を切り取り出来るだけ均等部分のみを使用した. P-32濾紙を病巣の形に切り, これをセロファン紙に包み病巣に一致させて貼布した. 5~20 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ の平面濃度となし計算して總量 500~1500 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ になるまで(數日間)そのまま放置した. 主として單純性血管腫で病巣の面積が比較的廣いものに使用した. 治療成績は表4の如く少數例ではあるが比較的好成績である. (尙山下久雄氏等(東二)はP-32の血管腫照射例を多數例経験され好成績を得て居られる).

Sr-90, 或はP-32による β 線照射は厚い病巣に不適當であることは β 線の吸収から自明のことである. 従つて海綿状血管腫の比較的厚い病巣の場合は, 當然従來の如くラジウム或はコバルト-60又はX線近接照射を使用すべきである. 表在薄層の病巣に對しては, 深層正常組織を保護する意味でSr-90或はP-32が優れている. 特に病巣下の比較的浅い層に骨組織がある部位(顔面等)は幼児の場合骨組織の放射線障害が屢と報告されて居るが, 斯る場合はSr-90或はP-32による β 線照射がよい.

Sr-90とP-32を體外 β 線照射の觀點から比較すると β 線エネルギーはSr-90 Y-90 (Emax. 2.35 MeV 平均 0.9 MeV)の方がP-32(Emax 1.7 MeV 平均 0.7 MeV)より大であるから幾分前者の方が稍と深層まで達するが, 臨床的には其の差は餘り問題にならないと考える. (現在組織學的變化の検討を行つて居る).

兩者の差は時間的線量分布にあると思う. Sr-

表 4 磷-32による治療成績

姓名	性	年	病名	部位	擴り	第1回クール量 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$	クール回数	總量	效果
K. Y.	♀	6月	單純性血管腫	頰	瀰漫性	1000	1	1000	+
M. K.	♂	8月	"	"	斑點狀	2500	1	2500	++
K. K.	♀	1年7月	"	額	2.0×3.0cm	1000	1	1000	±
M. T.	♀	2年	"	"	1.5×2.0cm	860	1	860	—
R. H.	♂	2年1月	"	"	"	1000	2	2000	±
N. H.	♀	23年	"	鼻唇間	2.0×3.0cm	1000	2	2000	+
K. S.	♂	26年	"	鼻	瀰漫性	850	1	850	±
T. Y.	♀	29年	汗腺腫	腹	" 斑點狀	1000	1	1000	+

Sr-90, P-32 とラジウム(γ 線)或はコバルト-60(γ 線)との比較

90は半減期が長く(19.9年)一度線源板を製作すれば長期間反覆使用出来る。従つて費用の點や、放射能物質管理の點から1人の患者に線源をつけたまゝ數日放置する方法は先づ採らない。外來で30分~2時間位照射するから云わば強線短時間照射になる。これに對しP-32は半減期(14.8日)が短く、又費用も1人の患者のみに使用しても患者の負擔に堪える程度のものである。又半減期が短い點、又生体内のTurn overの點からも、Sr-90程危険視しなくてよい。従つて製作したP-32線源は1人の患者のみに使用してどうか、或は始め稍と濃度の高いものを作りせいぜい2~4名に使用するに過ぎない。従つて照射は3~10日間位線源を病巢面に貼布して放置するからSr-90の場合に比すれば弱線長時間照射になる。血管腫(特に單純性血管腫)の如く良性腫瘍の傾向のあるものは弱線長時間照射の方がよいわけである。然しSr-90使用の場合も1回の照射量は50~100 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ となし、分割照射を行えば今回の経験からはP-32の治療成績と大差ないと思う。外來に於ての照射術式を比較するとP-32の場合は餘程組織的に行わないと手間が掛るが、Sr-90の場合は1回線源を製作すれば從來のラジウム同様に照射術式は非常に簡單で、又各回の照射費用はSr-90の方が遙かに廉い。

Sr-90の取扱いに就て(災害豫防)

臨床的に使用するための既製の β 線源としては安全第一のものであることは當然であるが、若し各施設に於て之等の線源を製作する場合等は其の取扱いは餘程嚴重にしなくてはならない。Srは生体内にとり入れられた時はカルシウムと殆ど同じであると考えてよい。従つて若し誤つてSr-90が体内に入った時は大部分骨に攝取され長期間骨組織に停滯する。而もSr-90の半減期は長い(19.9年)から骨髓等に及ぼす β 線障害は極く微量でも起り得るわけである。1950年7月國際放射線防護委員會が採用した人體にとり入れられるSr-90の最大許容量は1 μC である。著者の1人宮川が以前ラツテを用いカルシウム-45により實驗した結果では一度骨に沈着した(投與後5日目を100%としたとき)Caの生物學的半減期(Biological Half-

life)は60~65日間で、Ca-45 Physical Half-lifeが180日間であるから、Ca-45の初期のEffective Half-lifeは45~48日間となるが次の半減期は遙かに延長される。Srが生体内ではCaと同様のTurn overが行われるとすればSrのBiological H.Lは60~65日間で、Sr-90のPhysical H.Lが19.9年の長期間であるからSr-90の生体内に於ける初期のEffective H.LはBiological H.Lに略等しく60~65日間であると考えられる。N.B.Sの人體に於けるBr⁹⁰のBiological H.Lは約12年でEffective H.Lは7~8年である。

總 括

1) Sr⁹⁰ NO₃のHNO₃溶液を用い淺在薄層病巢(主として血管腫)治療に用うる臨床用の平面 β 線源(Sr⁹⁰-Y⁹⁰)を試作した。

2) 平面線源はレザン包埋或はアルミニウム箔箱内にレザン包埋したものである。

3) 平面線源のSr⁹⁰の濃度は血管腫用としては55~286 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ で大きさは1.8~2.8 cm^2 矩形或は圓形である。皮膚悪性腫瘍照射用としては834 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 。

4) 照射線量:血管腫の場合は1日1回照射,1回量50~150 $\mu\text{chr}/\text{cm}^2$ (照射時間30分~2時間)を4~6回連日ないし隔日に行い是を1クールとなし約1カ月後経過を觀察して次クールを行い,必要あれば約1カ月の間隔でクールを重ねた(數クール).弱年(乳幼兒)である程照射量は少くする。

5) 治療成績は良好である。今回報告のものは特に乳幼兒(生後1カ年以内)が多く成績が良好なことは當然と考える。

6) 皮膚癌(極く薄層のもの)のみが β 線照射の適應)は例數少く結論は出ないが1日1回量420 $\mu\text{chr}/\text{cm}^2$ 連日ないし隔日に照射を行い總量2500~3000 $\mu\text{chr}/\text{cm}^2$ で好成績を得た。勿論糜爛を起すが癩痕治癒する。

7) 病巢周縁の正常皮膚を β 線から保護するために鉛粉混入コンパウンドを使用した。是は温水にて温めれば變形自由で、反覆使用出来る。1~2mmの厚さで β 線を殆ど吸収してう。

8) Sr⁹⁰は災害豫防の點から取扱いは嚴重であるべきで、臨床用線源の製作はメーカーが本格的

に行い、安全第一のものを作ることを希望する。

文 献

1) H. L. Friedell, C. I. Thomas and J. S. Krohmer Description of an Sr-90 Beta-Ray Applicator and its Use on the Eye. amer. J. Roent. Vol. 65, p.232, 1951. —2) Frederick P. Health Jshysics and medical Aspects of a Strontium 90 Inhalation incident. Amer. J. Roent Vol 67 p. 805, 1952. —3) H. H. Rossi and R.H. Ellis Calculation

for Distributed Sources of Beta Radiation Amer. J. Roent. Vol. 67, p.980, 1952. —4) E. Strajman. Tissue Surface Measurements as a Method of Studying in Vivo the Concentration of Beta Ray Isotopes. Theoretical and Experimental Analysis with Radioactive Phosphorus. 1951. —5) The Clinical use of Radioisotopes. —6) Maximam Permissible Amounts of Radioisotopes in the Human Body and Maximam Permissible Concentrations in Air and Water. Handbook 52 N.B.S.