



Title	放射性燐-32による組織内照射線量に関する研究(第1報)
Author(s)	深井, 千恵子
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1954, 14(4), p. 255-260
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17053
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

放射性燐-32による組織内照射線量に関する研究(第1報)

東京女子医科大学放射線科教室(主任 島津フミヨ教授)

横濱医科大学放射線科教室(宮川教授)

助手 深井千恵子

(昭和29年1月22日受付)

緒論

近時放射性同位元素による組織内照射治療が漸次盛んになつて來ている。特に燐-32の経口或は注入投與による治療は小規模ではあるが各方面に用いられる様になつて來た。從來X線或はラヂウム γ 線の配量に關しては、 r 単位により照射量を適切に決定し得るのであるが、放射性同位元素による組織内照射の配量に關しては、吾々は未だ未熟であり歐米の文献により適應症に應じた量を投與している。燐-32の場合は専ら β 線照射であり、その照射量は組織内に於ける燐-32の濃度より計算して“rep.”なる単位であらわしている。今回の實驗は燐-32の β 線照射量を“rep.”単位であらわし、此の β 線照射による組織の變化と、この β 線量に略々等しい r 単位の γ 線量による照射との組織の變化を比較検討しようと思う。線量は大要をつかむ意味で大線量の場合のみを觀察し、組織の變化は其の障礙度を單に順位をつけて比較して見た。一般に行われている治療量又は耐容量に關しては今後の實驗を行ふこととする。

(1) 燐-32による組織内照射とX線又はラヂウムによる γ 線の全身照射との比較

此の兩者の比較は下記する事により厳密に云えば非常に困難である。

a) 各組織に於ける照射量

X線ラヂウム等の場合は各臓器に照射量に應じた線量を與え得るが、燐-32の場合は各臓器により燐-32の攝取量が異なつてくるから從つて照射量も異なつてくる。

b) 時間的因子

γ 線の場合照射中は常に略々同じ強さで照射され得るが照射中止により放射線照射は中絶され

る。燐-32の場合は各臓器に於ける燐-32の濃度は一定時間後に最大となり漸次減少して来る。即ち投與後長期間に汎り照射は繼續される。以上の困難な點を出来るだけさけて兩者を同じ條件で比較するために次の方法をとつた。體外よりの照射はラヂウムにより1週間連續照射をなし、此の γ 線の強さと比較し得る燐-32の β 線の照射量を1週間略々一定に保つ様後記する如く毎日追加投與した。今回の實驗方法では放射線照射終了直後殺して剖檢し上記の難點を出来るだけ緩和する様にしたが、その爲組織變化の潜伏期を考慮に入れる事が出來なかつた。

c) 燐-32による組織内 β 線照射量の計算

$$d = \frac{3.7 \times 10^4 u \bar{E}_\beta}{52.5 \times 10^{12}} \text{rep/sec}$$

u=組織1g中の燐-32の量(μ c)

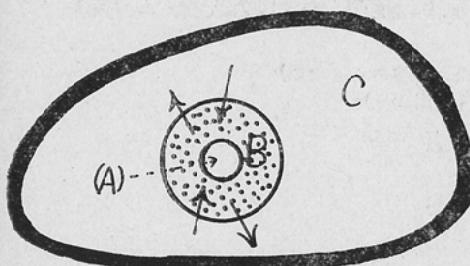
\bar{E}_β =燐-32の β 線平均エネルギー

$$0.695 \times 10^4 \text{ev}$$

γ 線量はラヂウム1mg 1cmの距離に於て1時間8rとして計算した。

此の照射線量の計算は理論上組織1g中の燐-32から放射される β 線全量が吸收されるとして計算して居る。即ち可成り大きい組織の照射線量を問題にする部位より少くとも燐-32の最大の β 線のエネルギーが到達する範囲までは燐-32の濃度が均等(約7mm)でなくてはならない。圖1の(A)の部分の線量を計算するためには最大 β 線の到達範囲(圖1の斜線B部約半径7mmの球)の周囲まで燐-32の濃度が均等でなくてはならない。即ちB部組織の燐-32の β 線がその周囲C部に放射されてもその分だけB部はC部より放射されると考えて、計算線量としてはあたかもその部位の組織1g中の燐-32の β 線全部が吸收されたことと同線

第 1 圖



量になる。

以上の理由から人體の如く大きい臓器の場合は、其の臓器の極く周邊部を除いてはその臓器組織の燐-32濃度から、前記計算式を用いて β 線量 (rep 單位) を計算し得るが、今回の実験動物はマウスでありその臓器の大部分は此の計算式をあてはめるには小さすぎる。然し骨組織を除いては目的の各臓器の燐-32濃度はその周囲の燐-32の濃度に比較してあまりかけはなれて居ない。第8表より斯かる意味で今回はとりあえず各臓器組織燐-32濃度から、前記計算式をそのままあてはめた。従つて各臓器の燐-32濃度が平均濃度より大なるものは、實際の照射線量は計算値よりやゝ小であり、平均濃度より小さい臓器は計算値より實際の照射線量はやゝ大きいわけである。

(II) 實驗方法

a) 使用動物

燐-32、ラヂウム共に 20g 前後のマウスを用うる。燐-32 の実験マウスには 6 匹を 2 群に分け、ラヂウム照射群には 4 匹、2 匹、2 匹の 3 群に異

なる線量を全身に照射した。

b) 燐-32 による組織内照射方法並びにその線量について

燐-32は PO_4 in week HCl の型で配布されたものを適當に蒸溜水で稀釋してマウス背部に皮下注射した。PI, PII, PIII の各マウスには $135\mu\text{c}$, PIV, PV, PVI の各マウスには前記半量の $67.5\mu\text{c}$ の 2 群とした(第6表)。第1日目に各マウスに上記量の燐-32を注射し、24時間後に第2圖の様にして體内殘留量を測定して、第1日目の各線量が保たれる様に補給量を決定し、追加注射を行い更に約30分間して全身を對稱として圖の如く β 線量を測定した。同様これを1週間繰返した。第III圖、第IV圖はこの線量の時間的變化を示すものである。8日目マウスを殺して各臓器に於ける各々の β 線量を測定し、組織學的變化と合せて組織内照射の變化を觀察した。

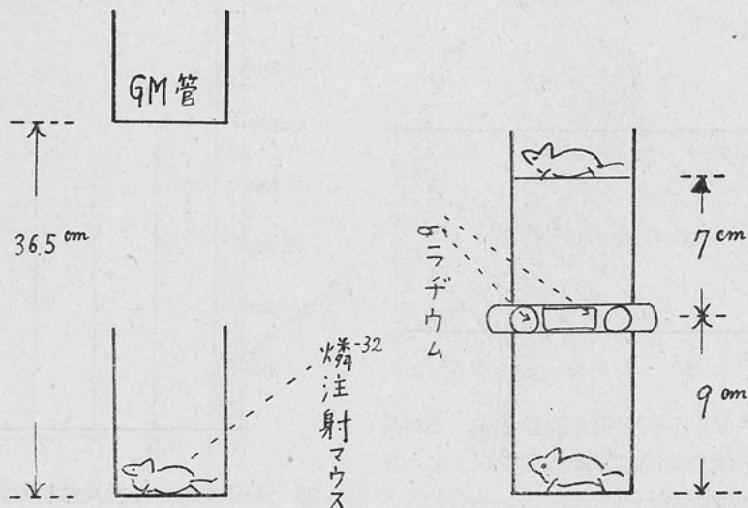
毎日の排泄燐-32の補給量測定法については第2圖の如くマウス全體を對稱として放射能を測定し、初回投與量より減弱した量に相當する量を補給したのであるが、厳密に云えば燐-32の體内分布が均等でないから、誤差はあると思われるが略々減弱量を補給し得ると考える。第3圖に示す測定値は測定補給投與後標準線源より補正した値で計數値により示す。補正值から考えると時に減弱量をはるかに上まわり補給した時もあり、尙測定結果として前日よりも放射能が上昇すると云う現象も見られた。例えば第3日、第4日に於ける PIII,

第 6 表

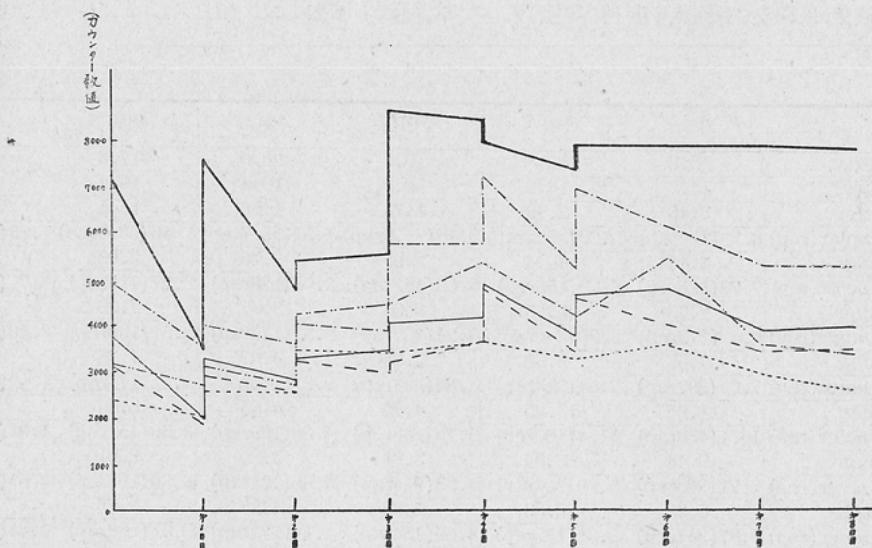
P^{32} 注 射 マ ウ ス		1週間の 平均體重 (g)	P^{32} 照射平均豫定量			P^{32} 照射實驗測定量			7日目死亡 8日目死亡
			$\mu\text{c}/\text{全身}/\text{毎日}$	$\mu\text{c}/\text{gr}$	rep/毎日	$\mu\text{c}/\text{全身}/\text{毎日}$	$\mu\text{c}/\text{gr}$	rep/毎日	
PI		15.0	135	9.0	380	131	8.7	368	
PII		16.2	135	8.34	352	123	7.6	322	
PIII		17.2	135	7.83	331	108	6.3	266	
PIV		18.3	67.5	3.7	156	67.8	3.7	157	
PV		17.0	67.5	3.97	168	72.5	4.3	181	
PVI		13.5	67.5	5.0	211	83.0	6.2	261	

Radium 照射マウ ス	A	4匹	全身連 續照射 量	1190r 473r 288r	4~5日全部死 亡 8日目まで元 氣に生存
---------------------	---	----	-----------------	-----------------------	--------------------------------

第 2 圖

燐-32注射マウス測定図ラヂウム照射方法

第 3 圖

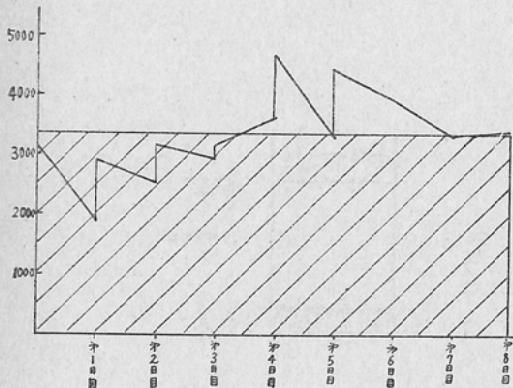


PIV マウスに見られるがこれらは明らかに矛盾しており測定の誤りと思われるが、おそらく體表面の排泄物による汚染も大きな原因をなしていると考える。以上の難點はあるが後記する死後の各臓

器中の燐-32の実測値から見て略々當を得ていると考える。

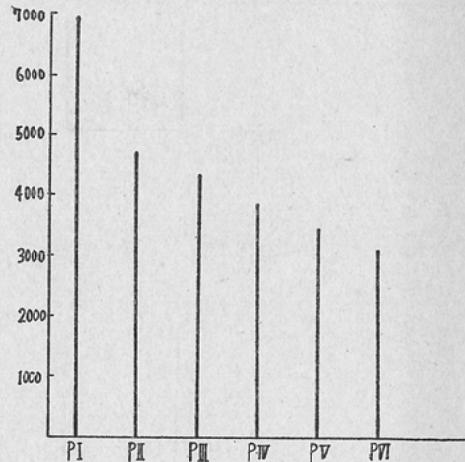
毎日平均照射量並びに各臓器の照射量算出については第3圖より第5圖に圖示せる如くである。

第4圖 每日平均照射量算出法(例 PV)



例えば第3圖の PV の例を第4圖に示す。この様にして PV の線量の時間的経過曲線で囲まれる面積より、毎日平均照射量を決定した。各動物に於いては第5圖に示す通りである。各臓器に於ける燐-32の量の増減も上記全身を對稱とした線量の時間的経過曲線と略々同様であると推定して、死後各臓器の燐-32濃度を實測し、之を最終の臓器濃度として第3圖より照射量を算出した。各臓器の毎日平均燐-32濃度は最終日臓器濃度(實測値)と

第5圖 各マウス毎日平均照射量



第3圖より求めた平均放射能値との比から算出した。

c) ラヂウム照射方法

第2圖、第6表に示す通りである。全身7日間の照射を行つた。A群には155mg を5cm の距離で照射、B群は122mg を9cm、7cm の異なる距離で照射した。

第 7 表

	PI	PII	PIII	PIV	PV	PVI
実験前體重(g)	15.8	18.4	19.2	20.0	17.8	14.8
実験後體重(g)	14.2	14.0	15.2	16.5	16.2	12.2
脳	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	3.48	2.58	1.78	1.56	1.44
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	3.22(136rep)	2.25(95.0rep)	2.16(91.0rep)	1.51(63.7rep)	1.42(60.8rep)
肺	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	8.44	4.24	2.98	3.16	2.08
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	7.79(328rep)	3.69(156rep)	3.62(152rep)	3.05(128rep)	2.77(117rep)
心筋	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	7.03	6.53	2.68	3.07	2.53
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	6.49(273rep)	5.70(240rep)	3.25(137rep)	2.97(125rep)	2.51(106rep)
脾	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	7.63	8.52	3.99	4.07	4.26
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	7.04(297rep)	7.44(314rep)	4.84(204rep)	3.93(166rep)	4.21(178rep)
肝	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	11.26	13.06	4.75	4.55	3.64
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	10.4(439rep)	11.4(480rep)	5.75(243rep)	4.39(185rep)	3.60(152rep)
腎	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	9.44	6.06	3.98	4.20	3.91
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	8.71(368rep)	5.28(222rep)	4.83(204rep)	4.05(171rep)	3.86(162rep)
小腸	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	6.36	3.68	3.02	4.27	3.85
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	5.87(247rep)	3.21(135rep)	3.66(154rep)	4.12(173rep)	3.81(160rep)
筋	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	6.96	6.31	2.83	3.02	2.65
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	6.40(270rep)	5.51(233rep)	3.43(145rep)	2.92(123rep)	2.62(111rep)
骨	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	68.55	25.98	22.94	19.31	30.47
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	63.1(2666rep)	22.7(960rep)	27.8(1170rep)	18.6(784rep)	30.1(1270rep)
皮膚	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$	4.35	3.70	2.14	1.65	1.81
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$	4.01(169rep)	3.23(136rep)	2.59(109rep)	1.59(67.1rep)	1.79(75.5rep)
血液	照射後 $\mu\text{c}/\text{gr}$		1.12	0.73	0.63	0.69
	各日平均 $\mu\text{c}/\text{gr}(\text{rep})$		0.98(41.4rep)	0.88(37.4rep)	0.61(25.7rep)	0.85(36rep)

第8表 各組織における $\mu\text{c}/\text{gr}$ より計算した rep/毎日

	PI	PII	PIII	PIV	PV	PVI	Radium
平均(rep)	380	352	331	156	168	211	
脳	136	95	91	63.7	60.8	69.7	
肺	328	156	152	128	117	117	
心筋	273	240	137	125	106	104	
脾	297	314	204	166	178	186	
肝	439	480	243	185	152	170	
腎	368	222	204	171	162	155	
腸	247	135	154	173	160	145	
筋	270	233	145	123	111	140	
骨	2666	960	1170	784	1270	531	
皮膚	169	136	109	67.1	25.5	69.5	
血液		41.4	37.4	25.7		36	

脾

	脾小體破壊、萎縮の強弱		Haemosiderosis の強さ
++	RI(478r) RIII(478r)		RI(478r)
+	PI(297rep) PII(314rep) RIV(288r) RII(288r)		RII(288r) PII(314rep) PI(297rep) RIV(288r) RIII(478r)
+	PIV(166rep) PV(178rep) PVI(186rep)		
±	PIII(204rep)		PIV(166rep) PIII(204rep) PVI(184rep)

骨髓

++	PI(2666rep) PV(1270rep) PII(960r)	RIV(288r) > RI(478r)
++	PIII(1170rep) PVI(531rep)	
++		RIV(288r)
+		RIII(478r)

(骨髓は破壊程度を示す)

肝

脂肪変性の順位	RI > RII > RIII > PVI > PI > PIII > PV(152rep) PIV(185rep) (478r) (288r) (478r) (170rep) (439rep) (243rep) RIV(288r)
肝細胞の大小不同性星細胞の核濃縮の順位	RIV(288r) PIII(243rep) RIII(478r) > RII(288r) > PI(439rep) > PIV(185rep) RI(478r) > PV(152rep) > PVI(170rep)

PII は敗血症を思わせる状態にあり特に肝変化には順位はつけなかつた。

脳	アンモン角細胞の濃縮 萎縮	RIV > RII > RIII > RI PIII(その他 P^{32} 群は軽度)
肺	特記すべきものなし	
心筋	脂肪変性 横紋の變化	RI > RIV > RII > RIII P^{32} の場合は R 群に比し軽度
腎	脂肪沈着 細尿管上皮細胞核濃縮	PII > PIV > PVI RIV > RII > RIII > RI
腸筋	特記すべきものなし	P^{32} に於いては特記すべき變化を見ない
皮膚	特記すべきものなし	
皮膚	RIV に於てのみ真皮層に増殖を認めるもその他著變なし	

(A群は4～5日で4匹全部死亡)

(III) 照射後の組織學的所見とその線量 との比較検討

染色法は Häematoxylin-Eosin 染色, Azan 染色, 鐵染色, Sudan III 染色を行つた。

今回は組織學的變化の精密な記載は後記する事にして、主として線量と障礙度の關係を明らかにする様にした。

(IV) 實驗結果の検討並びに考按

a) 生存日數と全身狀態

ラヂウム照射による毎日 1190r 照射群は全部 4～5 日で死亡しているが、此の照射量に相當する燐-32照射は行わなかつた。ラヂウム照射群の(478～288)r/毎日のものでは 8 日目まで 4 匹共に全身狀態もよく元氣であつたが、之に對し燐-32の各組織平均毎日(322～368)rep のものは 7～8 日間で死亡、又(266～157)rep 照射のものは 8 日目には強度の全身衰弱が認められた。この點よりみて生存日數の觀點から各組織平均照射量を比較すると、燐-32投與群の方がラヂウム照射群より障礙度は強くあらわれている。是はおそらく後記する様に骨組織特に多く攝取され骨髓組織を強く障碍する事によると考える。他臟器がラヂウム照射群より障碍度が少くとも造血臟器の障碍のため強く全身衰弱、死亡が早期に來る様に考えられる。

b) 各組織の障碍度の検討

今回の實驗で照射線量と略々平衡の變化を認められるものは、脾臓、骨髓、肝組織である。他組織は變化が顯著でないか又は認められても照射線量との平衡關係は殆ど認められない。これはおそらく斯かる組織の放射線障碍の潜伏期が脾臓、骨髓に比べ長いものと考えられる。照射條件の時間的關係より照射終了後潜伏期を考慮せず直後に剖検した事も關係あると思われる。

脾組織の變化は燐-32投與群、ラヂウム照射群共に多少のすればあるがその障碍度に平衡を認めてい。 (Haemosiderosis に於いて RIII が他に較べて輕度であるのは理解に苦しむ。) 骨髓を除いて他組織は、總てラヂウム照射群と燐-32投與群は照

射量に於いて交錯しているのが見られるが、骨髓に於いては燐-32投與群はラヂウム照射群のいずれよりも照射量が遙かに大であり、組織障碍度も強い。第1圖に於いても説明した様に骨髓に於いては骨組織全體の β 線實測値よりこれに等しい照射を受けたものとしてあつかつた。前記した如く RIV, RI は PIII, PVI より變化が大であり照射線量との平衡關係がやゝ亂れているが骨髓の變化の判斷に就いては更によく検討して見なければならない。又骨髓の様に放射線感受性の大なる組織に於いては今回の如き大量照射の場合は線量と組織變化との相關を検討する事が不適當であると思われる。

今後なお治療量程度の範圍で比較検討すべきものであると考える。

今回は豫備實驗として上述の如き觀察を行つたが、次回實驗について考慮すべき事項として次の事を考えて見たい。

- i) 放射線量を治療量程度について検討する。
- ii) 每日全身照射量と各臟器に於ける毎日照射線量との相關關係が平衡状態にあるかいかないか。
- iii) rep/g で rep を計算したが之は大きい臟器では適當であるが動物の小組織に於いては適當な補正を考えなければならない。即ち臟器の型並びにその擴がり方とその周圍組織の燐-32濃度による補正。
- iv) 潜伏期の問題も考慮に入れたい。

擇筆に當り終始御懇意なる御指導、御校閲を賜りました樋口教授、島津教授、宮川教授に深謝申し上げ、又實驗に當り種々御指導御援助をいたしました東京女子医科大学學生化學教室松村教授、病理學教室今井助教授、東邦醫科大學放射線科教室田坂助教授、東京女子醫科大學放射線科教室持田講師に謹んで感謝の意を表します。

主要文獻

- 1) William, E. Siri: Isotopic tracers and Nuclear radiation(1949). —2) Hahn: Radio Isotope Therapie(1951). —3) Betram: V. A. Low-Beer, M. D. The Clinical use of Radio active Isotopes. —4) George, Hevesy: Radioactive Indicators. —5) Radiology. Vol. 55, No. 3, No. 4.