



Title	β 線(P32)外面照射の殺菌効果
Author(s)	加藤, 敏郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 17(10), p. 1181-1185
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20300
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

β線 (P³²) 外面照射の殺菌効果

東北大学医学部放射線医学教室 (主任 古賀良彦教授)

加藤 敏 郎

(昭和32年7月17日受付)

- I 緒言
- II 実験材料及び方法
- III 線量測定
- IV 実験結果
- V 考案
- VI 総括及び結論
- VII 文献

I 緒言

X線の細菌に及ぼす影響については古來多くの業績¹⁾²⁾があり、これらは又X線の生物作用機序を解明する上に貴重な資料となつている。その他の放射線についても種々の試がなされているが、β線についても同様である。

1904年に Green³⁾が、1912年には Chambers & Russ⁴⁾が夫々 Radium のβ線の殺菌能について述べている。Wyckoff & Rivers⁵⁾ (1930) は 155Kvp の陰極線を用いて平板上の細菌の致死効果を調べている。Lea et al⁶⁾ (1936) は Polonium のα線及 Radon のβ線を用いて実験し、放射線の殺菌作用の機構についても考察し標的説を詳説している。

一方最近放射性同位元素よりのβ線を容易に利用しうるよになつたのでこの方面での知見が期待される。予はP³²によりβ線外面照射を行い細菌の致死効果を検討したので報告する。

II 実験材料及び方法

1) 試供菌

実験に用いたのは本學細菌學教室保存の黄色葡萄球菌 (寺島) である。使用に當つては之をピジョンに5時間振盪培養し増菌せしめた。

水平な机上で約10ccの普通寒天をペトリーシャーレに採り、その上に菌を混濁した1%寒天を5

cc重層した。従つて1%寒天の厚さは均等で約0.9mmとなる。

2) 線源

β線源として用いた P³² は日本同位元素協會を通じて入手した英國ラチオケミカルセンターのものである。P³² 溶液を 2 cm² (直径約 1.6cm) の圓形濾紙に吸着乾燥せしめ之をカバーガラスに貼布して用いた。

3) 照射方法

照射方法は圖 I に示す如くである。即培地表面に直径約 2 mm の丸棒を並べ、その上に線源を水平に置き、カバーガラスと培地との接觸を防いで P³² が培地に擴散滲透する懼をなくし外面照射の確實を期した。照射は冰室中で行つた。

4) 實驗方法

實驗 I) 致死線量の推定

後述の如き種々の線量を照射後線源を撤去し 37 °C で培養し、12時間、24時間、48時間で培養基上の發育阻止帶形成の有無及程度を肉眼的に觀察し致死線量を推定した。

實驗 II) 生菌率の測定

線源強度 900 μc/cm² 前後の線源 3 ケを A 群、300 μc/cm² 前後のもの 6 ケを B 群、100 μc/cm² 前後のもの 4 ケを C 群とし、24時間乃至 288時間照射する。照射後直ちに各群及び對照につき菌混濁培地の一定量を直径約 0.75 cm のコルク抜で抜き取り乳鉢で充分に磨り潰す。この材料を適當に倍數稀釋してその 1 cc を採り平板に混濁培養する。48時間後に菌數を計算した。

III 線量測定

1) 線源強度

各線源の強度は Lauritsen 驗電器を用いて電

離能を夫々測定し、一方適当な稀釋を行つた線源について、科研製β線標準資料 (RaD+E, 853 disint/sec) と電離能を比較測定した結果から照射開始時の強度を求めた。

2) 照射線量

前述照射条件では、カバーガラスによる減弱及び幾何學的減弱を Lauritsen 驗電器で實測すると、培地表面の空中線量は線源のその36.2%となる。

そこで照射線量は線源強度及照射時間からの計算値に上述の補正を行い、培地表面の空中蓄積線量を求め、 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ で表わした。

3) 線量分布

培地表面での線量分布をクイルム黒化法によつて見ると、直径約 1.6cmの範圍は均等に照射されると見做しうる。又菌混釋培地 (厚さ約 0.9mmの1%寒天) による減弱を電離測定によつて見ると、深部率は約25%となる。

IV 實驗結果

1) 實驗 I)

致死線量に関する實驗の結果を表 I に示す。

被照射培地は照射野に應じて略く圓形の菌發育阻止帯が表われる。此の阻止帯は照射線量約6,000 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ 前後より識別出来るようになり、12,000 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ 前後では極めて明瞭で、培地表面で

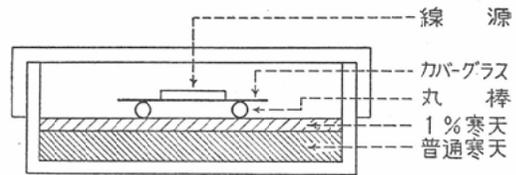
表 I 發育抑制帯の肉眼的觀察

線源	線源強度 ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	照射時間 (h)	照射線量 ($\mu\text{ch}/\text{cm}^2$)	培養時間 (h)		
				12	24	48
対照				卅	卅	卅
A	312	20	2.200	卅	卅	卅
B	377	30	3.980	卅	卅	卅
C	567	30	5.960	卅	卅	卅
D	589	50	10.130	卅	卅	卅
E	508	77	13.120	+	+	+
F	525	100	17.600	+	+	+
G	638	85	18.080	-	-	-
H	695	85	19.650	-	-	-
I	822	80	22.190	-	-	-
J	879	79	23.200	-	-	-

判定基準:

- (卅)…最大限に發育
- (卅)…發育は相当であるが対照との差は明らか
- (+)…發育はしているが対照との差は極めて明らか
- (-)…全く發育しない

図 I 照射方法

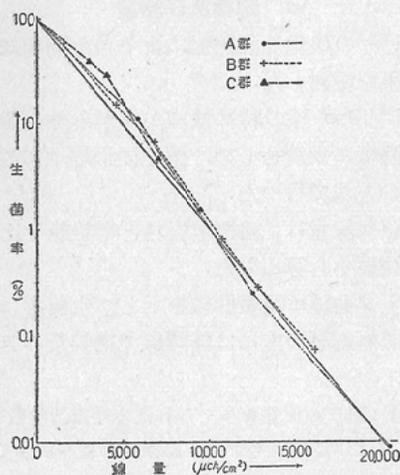


は殆んどコロニーは見られず培地深層に菌の發育が見られるのみである。18,000 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ 前後で

表 II 生菌率の測定

線源	線源強度 ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	照射時間 (h)	照射線量 ($\mu\text{ch}/\text{cm}^2$)	生菌数 (/cc)	対照菌数 (/cc)	生菌率 (%)
A ₁	684	24	5.800	1.3×10^6	1.2×10^6	10.8
A ₂	762	48	12.600	3.1×10^5	1.2×10^6	0.26
A ₃	837	72	20.500	$1.0 \times 10^2 \downarrow$	1.1×10^6	0.009 ↓
B ₁	176	24	1.490	7.0×10^5	1.2×10^6	58.4
B ₂	276	48	4.580	1.8×10^5	1.2×10^6	15.0
B ₃	277	72	6.790	7.5×10^4	1.1×10^6	6.8
B ⁴	281	120	10.800	7.4×10^3	9.3×10^5	0.79
B ₅	285	144	12.900	2.6×10^3	9.4×10^5	0.28
B ₆	313	168	16.150	6.4×10^2	8.9×10^5	0.072
C ₁	115	72	2.820	4.5×10^5	1.2×10^6	37.5
C ₂	79	168	3.980	2.5×10^5	8.9×10^5	28.1
C ₃	103	240	7.100	3.9×10^4	8.0×10^5	4.8
C ₄	123	288	9.460	1.2×10^4	8.0×10^5	1.5

図Ⅱ 生存曲線



は完全に透明となる。

發育阻止帯の明かな場合では、非照射培地（對照）との境界は比較的鮮鋭であるが、この境界部で菌の發育が對照よりも特に著明であるということはない。又發育阻止帯の認め難い線量の場合でも、照射培地の菌の發育が對照よりも著しいということもない。

又培養後24時間で對照は殆ど最大の發育を示すが、發育阻止帯での菌の發育も殆ど静止期に達し、48時間後に菌の發育がより著明であるということもない。

2) 實驗Ⅱ)

生菌率に関する實驗の結果を表Ⅱに示す。横軸に照射線量を、縦軸に生菌率を對數目盛でプロットしたのが圖Ⅱである。

A, B, Cの各群について生菌率は略々一直線をなして減少する。その直線の傾斜は3群について大体一致するので全体を1本の直線にまとめ得る。但、7,000 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ 前後以下の線量では、生菌率は何れもやゝ高い値を示している。

V 考 按

P^{32} は半減期14.3日で β 線を放射し、その最大エネルギーは約1.7MeV、水中での飛程は約8mmとされている。

P^{32} の細菌に及ぼす影響については、Schmidt⁷⁾

(1948), Clark & Goring⁸⁾ (1951) らは大腸菌や土壤菌について報告し、西脇ら⁹⁾ (1953) は大腸菌に対する平均致死線量を求め、標的説を用いて敏感域の大きさについて推論している。又三好及び金¹⁰⁾ (1956) は P^{32} による菌の形態の變化について述べている。

これらは菌浮游液又は液体培地に P^{32} を混入し、従つて β 線は所謂内部照射が行われている。一般に細菌に対する放射線の作用の成績は、實驗の方法により多少とも左右される。特に培地の状態、照射の方法などが問題となる。内部照射の場合は、 β 線のエネルギー分布は資料について均等でありうるが、一方 P^{32} の化學的影響、例えば P^{32} が崩壊して安定な S^{32} になる時生ずる遊離活性基の影響も成績に關與すると思われる。

このような欠點を除くためには外面照射が望ましい。然し乍ら P^{32} の β 線の物理的性質上外面照射には多少の困難が伴う。本實驗に用いた照射方法による時は外面照射は完全に行われているのであるが次の諸點で結果の判定に留意を要する。即培地表面での線量分布は直径約1.6cmの範囲内は均等である。一方コルク抜の直径は約0.75cmであるから平面的な β 線のエネルギー分布は均等と考えてよい。然し乍ら菌混釋培地は約0.9mmの厚さを有するので培地深層の線量は吸収により漸減する。従つて被檢資料全体としては線量分布は不均等になり、これは照射線量の小さな場合充分考慮しなければならない。生存曲線で照射線量が7,000 $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$ 前後以下の生菌率がやゝ高いのはこのためと思われる。次にカバーガラスに線源を貼布しこれを通して照射したのでこのための二次散亂線の附加がある。照射線量に比例して大となることは間違ないことであるが、これは一次線量に比して無視しうる程度であると思われる。更に培地が固体であることは菌數計算に當つて誤差の増大を意味する。従つて菌の絶對數をそのまま用いる場合は相當の困難があるが本實驗では比較値であるところの生菌率が測定されてあるので、この誤差は相殺されて減少するものと思われる。

このような制約を考慮に入れ實驗結果を見る

と、線量を横軸にとり生菌率を縦軸にとつた被検菌の生存曲線は殆ど完全な指數曲線と見做すことが出来る。然もこの成績はA・B・C各実験群について殆ど一致した結果を示している。然るにA群、B群、C群の線源強度の比は9:3:1であり、従つて線量率もこの比となる。一方照射は24時間乃至288時間にわたつて居る。従つて照射線量と生菌率の關係は線量率及遷延の度とは無關係でその總線量のみに関係すると云える。この間の事情は圖IIに明かである。

P³² 内部照射の殺菌効果を見ると、Schmidtは略く指數曲線に近い生存曲線を報告しているが、照射線量の表現については必しも適當でない。西脇らは生存曲線が指數曲線であることを標的説に従つて詳述している。本実験に於てはβ線の外面照射を確實ならしめると共に、特に照射線量については電離測定によりその正確を期したが、その成績は、Radiumのβ線或は陰極線を用いた諸家の成績（Chambersら、Wyckoffら、Leaら）とも一致するものと思われる。

尙細菌の發育阻止帯の肉眼的觀察で、阻止帯或はその邊緣部で菌の發育が對照より著明であると云うことは見られなかつた。これは抗生物質に見られる發育刺激濃度にも比すべき或る線量の存在を否定する所見であるとも考えられる。

尙又培養12時間乃至48時間の觀察では菌の遷延した發育は見られなかつた。従つてこれから發育遷延現象を目安とする致死線量以下の放射線の作

用強度を論ずるのは適當でないと思われる。

VI 總括及び結論

1) P³² のβ線外面照射による黄色葡萄球菌の殺菌効果を検討した。

2) P³² のβ線の特殊性にかんがみ外面照射は線源を濾紙に吸着せしめ、菌を固形培地に混釋して獨自の方法で行つた。

3) 照射線量はβ線標準資料と電離能を比較測定した結果から算出した。

4) 生存曲線は指數曲線を示し、生菌率は線量率及び照射遷延の度には無關係で總線量のみに関係する。

本実験に種々の便宜を与えられた本学細菌学教室、黒屋教授、石田助教授、今野学士に深謝の意を表す。本論文の要旨は第16回日本医学放射線学会総会に発表した。

VII 文 献

- 1) Hollaender: Radiation Biology Vol II, Mc Graw-Hill Book Co. ('55). — 2) Duggar: Biological Effects of Radiation Vol II, Mc Graw-Hill Book Co. ('36). — 3) Green: Proc. Roy. Soc. London, B73:373—381('04). — 4) Chambers&Russ Proc. Roy. Soc. Med, 5: 198—212('12). — 5) Wyckoff & Rivers: J. Exptl. Med, 51: 921—932 ('30). — 6) Lea et al.: Proc. Roy. Soc. London, B 120: 47—76 ('36). — 7) Schmidt: J. Bact, 55: 705—710 ('48). — 8) Clark & Goring: J. Bact, 62: 352—354 ('51). — 9) 西脇外: 日本細菌学雑誌, 8巻9号: 941—943 ('53). — 10) 三好及金: Radioisotopes, Vol. 4, No. 2: 31—36 ('56).

The bactericidal effect of external β irradiation by radioactive phosphorus (P³²)

By

Toshio Kato

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Tohoku University

(Director: Prof. Y. Koga)

Materials and methods:

A number of plane agar cultures of staphylococcus aureus were irradiated with β-rays emitted from P³². To ensure the external irradiation, P³² was made absorbed evenly in

little round filter paper of about 1.6 cm in diameter, pasted on the coverglass, was supported apart from the surface of the seeded media by match-sticks lying on it. The irradiations were made in an ice-room.

The intensity of each source was controlled with the standard β -source. (Ra D+E, 853 disint./sec). The reduction of dosage owing to the absorption by the coverglass and to the geometrical condition of irradiation employed in this experiment was checked, thus the dosage on the surface of the seeded media was determined in $\mu\text{ch}/\text{cm}^2$.

The distribution of dosage upon the irradiated surface and the depth dose at the bottom of the media were also measured.

Irradiated plates were incubated at 37°C . After 12 hours, 24 hours and 48 hours the bactericidal circle on the media was seen by naked eyes. From these data, minimal and optimal dosages which were effective to kill bacteria were presumed.

Then, three groups of sources different in intensities ($900 \mu\text{c}/\text{cm}^2$, $300 \mu\text{c}/\text{cm}^2$, $100 \mu\text{c}/\text{cm}^2$) were used in the irradiations for 24 hours to 288 hours. The dose range was from $1.490 \mu\text{ch}/\text{cm}^2$ to $20.500 \mu\text{ch}/\text{cm}^2$.

A certain volume of irradiated media was cut out, rubbed thoroughly, diluted adequately and incubated, then the number of survivors was counted. The relation between the survival rate and the dosage was checked.

Results :

1) The bactericidal circle was seen for the first time on the media irradiated about $6.000 \mu\text{ch}/\text{cm}^2$, and was quite apparent about $12.000 \mu\text{ch}/\text{cm}^2$. Over $18.000 \mu\text{ch}/\text{cm}^2$ the circles were quite transparent and no colonies were observed in these circles.

2) The so-called "optimal dosis", which may stimulate the division of bacteria was not proved.

3) The survival curve of this bacteria was exponential in each group of different dose rate. With allowance of very few error, the survival rates of three groups were identical so far as the total dosages were concerned.