



Title	呼吸ガス代謝に及ぼす各種放射線照射の影響
Author(s)	古川, 義宣; 松岡, 理; 鹿島, 正俊
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1966, 26(7), p. 894-898
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18646
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

呼吸ガス代謝に及ぼす各種放射線照射の影響

放射線医学総合研究所 障害基礎研究部 (部長 江藤秀雄)

古川 義宣 松岡 理 鹿島正俊

(昭和41年1月8日受付)

Effect on Gaseous Metabolism in Mice Following Different Types of Radiation
by

Yoshinori Furukawa, Osamu Matsuoka and Masatoshi Kashima

Division of Radiation Hazards, National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan.

The effect of radiation on gaseous metabolism of mice was studied using several radiation sources such as X-rays, ^{60}Co γ -ray and internally administered ^{131}I and ^{90}Sr .

O_2 consumption and CO_2 production of irradiated mice are determined by Scholanders micro gas analyzer.

X-irradiation of 1,500 R depressed the gaseous metabolism gradually and resulted in the death of mice, 600R brought about increased metabolism within 3 days after irradiation, which recovered to normal level by 2 weeks, and 300 R failed to show any detectable effect.

By the ^{60}Co γ -irradiation of about 600 R, slightly increased metabolism was observed during two weeks.

The results of dose rate studies showed that the lower dose rate produces the larger effect on respiration.

Change in gaseous metabolism caused by internal irradiation of ^{90}Sr or ^{131}I , which was intra peritoneally injected by $3 \mu\text{Ci}/\text{mouse}$ was not so evident as in the case of external irradiation.

1. 緒 論

動物の呼吸ガス代謝量を目安にして生体におよぼす薬物の影響を検討しようとする試みはすでに古くから行なわれて来た¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。また X線照射が呼吸ガス代謝におよぼす影響⁵⁾⁶⁾、あるいは ^{60}Co 線源による γ 線照射の影響についてもすでに報告されている⁷⁾。しかしながらこれらの実験はすべてが生体に対する放射線の外部照射の実験であつて、現在著者らの意図しているように内部照射の影響をこの呼吸ガス代謝量を用いて評価するためには検討すべき多くの問題点が残されている。

内部照射と外部照射の影響の異なる原因は種々考えられるが、特に重要な因子としてはラジオアイソトープ (以下 R I と略) の体内における線量

の空間的分布ならびに時間的分布の差異があげられよう。

本論文では低線量率の連続照射と云う内部照射の一つの特質に注目して、外部照射との差異を呼吸ガス代謝におよぼす影響という観点より比較検討せんとした。すなわち外部照射としては X線、 ^{60}Co γ 線を用い、内部照射としては予備的検討として ^{90}Sr 、 ^{131}I を投与した場合につき実験を行なった。

2. 実験方法

(1) 使用動物：当研究所動物舎で飼育繁殖せる CF#1 (♀) × RF (♂) の一代雑種、CRF₁ で生後70日～90日令のマウスを使用した。各実験群は5匹宛とし、成績はこれらの平均値と標準誤差で表わした。照射0日は照射直前とした。

X線照射条件
200kVp 0.5cmCu+ 0.5cmAl

総線量(R)	管電流 (mA)	F.S.D. (cm)	線量率(R/分)
600	20	50	92
	20	68	52
	14	70	20
	10	125	6
300	10	125	6
1500	20	50	92

^{60}Co γ 線照射条件

総線量 (R)	線量率 (R/分)	照射時間
630	105	6分
636	1.6	20時間

(2) 外部照射: X線照射は深部治療用X線照射装置を用い, γ 線照射は実験用の ^{60}Co 線源を用いて次のごとく照射条件で行なわれた。

(3) 内部照射: ^{90}Sr , ^{131}I を生理食塩水で稀释し $30\mu\text{Ci/ml}$ に調整し, マウス一匹当り $3\mu\text{Ci}$ (0.1ml) を腹腔内に注射した。

(4) 呼吸ガス代謝量の測定方法: マウスからの静時の呼気の採取は, 著者らが試作改良した方法⁸⁾ によつて行なつた。呼気室の容積は 160 ml で, これを 1 気圧, 温度 25°C に保ち, これに空気を $60\sim 70\text{ml/分}$ の速度で送り, 5~7 分間の呼気を採取して, この一部をシロランダー微量ガス分析器で分析し, 空気中の $\text{CO}_2\%$, $\text{O}_2\%$ とを比較して消費した O_2 量, 排出した CO_2 量を体重 1 g 当り, 1 分間の値であらわした。

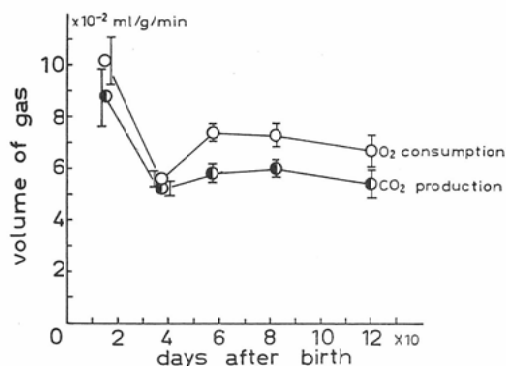


Fig. 1 Changes in gaseous metabolism accompanied by days after birth of mice.

この方法で実験に用いたマウスの日令を含む10日令から4ヵ月令までの呼吸ガス代謝量を測定すると第1図に示すように60日令以後は著明な変化が認められず稍一定した値が得られた。

3. 実験成績

(1) X線照射の呼吸ガス代謝に及ぼす影響

(a) 線量の影響

生後約70日のマウスを各々群別し, 総線量を1500 R (92 R/分), 600 R (92 R/分), 300 R (92 R/分) となるように照射した。1500 R照射群では, 照射後1, 2, 3, 5日目に, 600 R, 300 R照射群では, 照射後1, 3, 7, 14日目に, それぞれ静時の呼吸ガス代謝量を測定し, 第2図に示すごとき結果を得た。

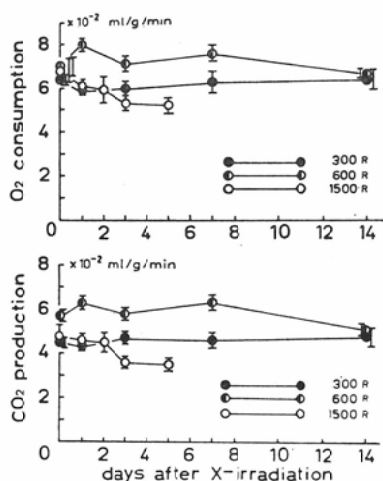


Fig. 2 Effect of the dose of X-irradiation on the gaseous metabolism of mice.

1500 R照射群では, 照射前の O_2 消費量, CO_2 排出量の平均がそれぞれ $6.8 \pm 0.6\text{ml/g/分}$, $4.8 \pm 0.6\text{ml/g/分}$ であつたが, 照射後は経日的にガス代謝量は減少を示し, 第5日目では $5.2 \pm 0.4\text{ml/g/分}$, 3.5ml/g/分 となり, 照射後6日~7日の間に全例が死亡した。

600 R照射群では, 照射前の O_2 消費量, CO_2 排出量の平均はそれぞれ $7.0 \pm 0.4\text{ml/g/分}$, $5.7 \pm 0.3\text{ml/g/分}$ であつたが, 照射後1日で, それらは $8.0 \pm 0.3\text{ml/g/分}$, $6.3 \pm 0.3\text{ml/g/分}$ となり約30%の増加を示した。その後は減少を示して, 照射後二週間で照射前の値にほぼ回復した。

300R照射群ではほとんど変化が認められなかった。体重については1500R照射群では死亡するまで経日的に減少を示し、600R照射群では照射後第3日目までは減少し、その後は回復した。

300R照射群では変化が認められなかった。呼吸商はガス代謝量が増加する場合には減少、逆にガス代謝量が減少する場合には増加する傾向が認められたが著明な差は認められなかった。

(b) 線量率の影響

前記の実験で、1500R照射群では、マウスは一週間以内に全例が死亡すること、600R照射では、死亡例が認められず呼吸ガス代謝量は一過性に増加すること及び300R照射群では、呼吸ガス代謝量の変化が認められないことが明らかになった。つぎに600R照射の場合における線量率の呼吸ガス代謝量の増加に及ぼす影響を検討する目的で、92R/分、52R/分、6R/分などの線量率で、照射し、照射後1, 3, 7, 14日目に呼吸ガス代謝量をそれぞれ測定し、第3図に示す如き成績を得た。

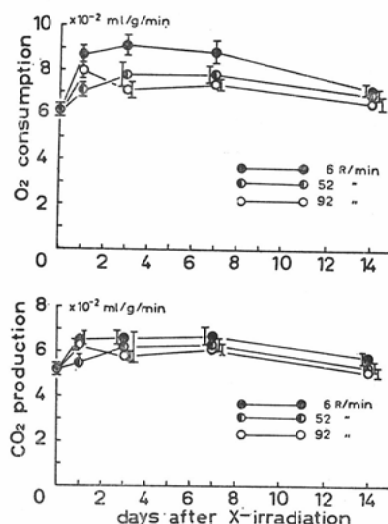


Fig. 3 Effect of the dose rate of radiation on the gaseous metabolism of mice.

92R/分照射群では照射後第1日目にガス代謝量が最高値を示し、その後は減少し、照射前の値まで回復したのに対し、52R/分および6R/分照射例では第3日目に最高値を示し、その後徐々に回復した。増加の程度は6R/分照射例でもつとも大きい値を示した。またすべての実験群は照射後二

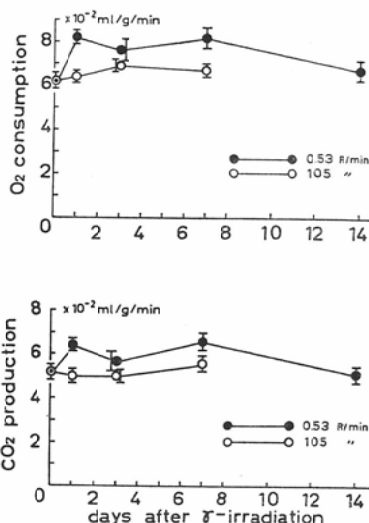


Fig. 4 Effect of ⁶⁰Co-γ radiation on the gaseous metabolism of mice.

週間以内に旧値に回復した。

(2) ⁶⁰Co γ線照射後の呼吸ガス代謝

γ線照射の影響を検討する目的で⁶⁰Coのγ線を用いて、低線量率(0.53R/分)で総線量636Rの場合と、高線量率(105R/分)で総線量630Rの場合につき実験を行なった。照射後、1, 3, 7, 14日目にそれぞれ呼吸ガス代謝量を測定し、第4図に示すとき成績を得た。高線量率による照射例では、照射後10日以内に全例が死亡した。前記(1)の実験と同様に、低線量率で長時間照射を行なった群では、呼吸ガス代謝量の増加が大きかった。O₂消費量の最大を示した時期は低線量率照射では照射後1日目で、照射前の値に対する増加率は約37%であり、高線量率照射では照射後3日目に最大を示し、その時の増加率は約14%であった。低線量率照射を行なった群の呼吸ガス代謝量は照射後二週間で旧値に回復した。

(3) ⁹⁰Sr, ¹³¹I 腹腔内注射後の呼吸ガス代謝
内部照射の影響を検討する目的で、骨好性核種と認められる⁹⁰Srと好甲状腺核種の¹³¹Iを用いて実験した。これらの核種を腹腔内に注射後1, 3, 7, 13日目にそれぞれ呼吸ガス代謝量を測定し、第5図に示す如き成績を得た。注射後一時的に呼吸代謝量は増加を示し、逆に7日目には減少したが、いずれも注射後約二週間で前記諸実験の場合

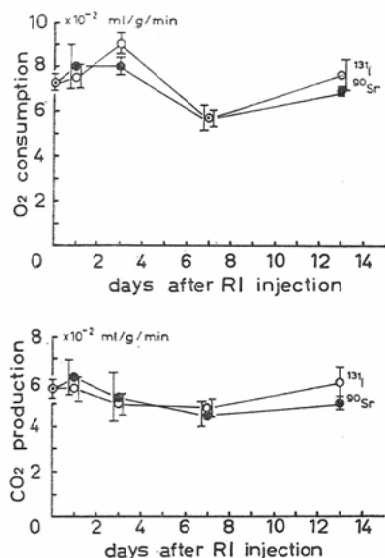


Fig. 5 Effect of the internal exposure by ⁹⁰Sr or ¹³¹I on the gaseous metabolism of mice.

と同様に旧値にまで回復した。

4. 考 察

1500RのX線照射によるマウスの呼吸ガス代謝量の減少は Mole⁵⁾ がラットで行なつた実験において、X線照射後3日目まで呼吸ガス代謝量が減少したときの報告と一致したが Mole が観察した4日以後の呼吸ガス代謝量の増加は認められなかった。Moleの実験ではラットに最高1000Rを照射したのに対し、著者らの実験で最高1500R照射を行なうと照射後7日以内に全例が死亡することから、半致死量以下の照射と、致死量のX線照射とは本質的に異なることも想像される。

600RのX線照射マウスで呼吸ガス代謝量が一過性に増加した。この結果は Mole が報告している4日目以後に呼吸ガス代謝が増加することと、その時期は異なつたが似た所見と考えられた。また Kirshner⁹⁾ らは致死線量の照射後に起る呼吸ガス代謝量が増加する時期は半致死線量以下の場合の時期より早いとの結果を報告している。このようにX線照射後に認められる呼吸ガス代謝量が増加する原因について考察する際 Gustafson¹⁰⁾ らが報告したX線照射後に negative nitrogen balance が認められることも参考となるであろう。すな

わち放射線感受性の高い腸管の上皮細胞などが壊死あるいは破壊され、生体の修復機転が亢進した結果とも考えられよう。300RのX線照射では、O₂消費量の増加がほとんど認められなかった。このことはこの程度の照射で組織の壊死、破壊などを生起させるものではないことから、生体の修復機転の増加を必要としないと考えられるであろう。つぎに600RのX線照射による呼吸ガス代謝量の増加に及ぼす線量率の影響を6R/分、52R/分、92R/分について検討すると、低線量率の場合に呼吸ガス代謝量の増加が大なる傾向を示した。

⁶⁰Co γ線照射の例でも、同様に呼吸ガス代謝量の増加が認められ、この場合にも呼吸ガス代謝量の増加は低線量率の方が高線量率照射よりも大なる傾向がうかがわれた。このような低線量率照射が高線量率照射の場合よりも影響が大である事実は、一般に考えられている高線量率照射の場合に障害の程度が大きいという事実とは相反するように考えられるが、生体の代謝機能を促進する因子が高線量率の照射によつて、強く障害される結果と解釈し得るのかもしれない。⁶⁰Co γ線約600R(105R/分)照射を行なつた場合、マウスは照射後10日以内に全部が死亡したが、X線600R(92R/分)照射のマウスでは照射後四週間を過ぎても死亡例は認められなかったが線量の差によるものか、線量率の差によるものかはあきらかでない。

また ⁹⁰Sr, ¹³¹I 3μCi を腹腔内に注射して内部照射を行なつた場合、この投与レベルではO₂消費量は、注射後3日目までは軽度の上昇を示し、一週間目には逆に注射前の値より減少をきたしたが、二週間目にはほぼ旧値まで上昇した。⁹⁰Sr, ¹³¹Iなどを注射した場合の照射の形は、注射後初期に高線量率で照射が行なわれ、以後線量率が指数函数に変化する結果、X線やCo-γ線などによる外部照射の場合とは照射形式が非常に異なっている。したがつて生体の反応として表われる呼吸ガス代謝の変化も、均一な照射が可能な外部照射の成績から推察する場合には、特にこれらの点に留意する必要があると思われる。

5. 総 括

(1) マウスを用いて、X線、 ^{60}Co γ 線の照射及び ^{90}Sr 、 ^{131}I などによる内部照射が呼吸ガス代謝に及ぼす影響を検討した。

(2) X線 300R、600R、1500R照射例を比較すると、600R照射を行なった場合にのみ呼吸ガス代謝量の増加が著明であつた。1500R照射を行なった場合にはこれが減少した。

(3) X線 600R照射による呼吸ガス代謝量の増加は低線量率照射を行なった場合の方がより大きい呼吸ガス代謝の増加が観察された。

(4) ^{60}Co γ 線照射 (約 600R) を行なった場合、呼吸ガス代謝量の増加が観察された。低線量率照射を行なった場合の方が高線量率照射を行なった場合よりも大きい呼吸ガス代謝量の増加が観察された。

(5) $3\mu\text{Ci}$ の ^{90}Sr 、 ^{131}I を腹腔内に注射し、内部照射を行なった場合の呼吸ガス代謝量の変化は約 600RのX線照射および ^{60}Co γ 線照射の場合よりも小さかつた。

稿を終るに臨み、御指導御校閲を賜つた部長江藤秀雄博士に深甚の謝意を表わします。また実験中および資料の整理に終始労を厭わず協力して下さつた石田桂子氏と実験動物を提供して下さつた動植物管理課の諸氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 北光三：内分泌腺製剤の瓦斯代謝に及ぼす影響並びに其の相互関係。内分泌雑誌，1 (1924—1925)，1012—1052。
- 2) 緒方章：甲状腺ホルモン検定に必要な小動物

炭酸排泄量測定装置に関する考案並びに正常動物の炭酸排泄量に就いて。薬学雑誌，58 (1938)，111—116。

- 3) 柳金太郎：各種部分的栄養障害並びに人「ビタミン」B 欠乏症及び脚氣に於ける基礎新陳代謝の比較。東京医誌。41 (1927)，2185—2238。
- 4) Smith, W.W. and F. Smith: Effects of Thyroid and Radiation on Sensitivity to Hypoxia, Basal Rate of O_2 Consumption and Tolerance to Exercise. Am. J. Physiol. 165 (1951), 551—661.
- 5) Mole, R.H.: The Effect of X-irradiation on the Basal Oxygen Consumption of the Rat. Quart. J. Exper. Physiol. 38 (1953), 69—74.
- 6) Smith, F., W.G. Buddington and Marie M. Grenan: Oxygen Consumption following Whole-body X-irradiation of Guinea pigs. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 81 (1952), 140—141.
- 7) Lane, J.J., J.L. Wilding, J.H. Rust, B.F. Trum and J.C. Schooler: Changes in Respiratory Gases of Burros after Prolonged Fractionated Total Body γ -irradiation. Rad. Res. 2 (1955), 64—70.
- 8) 古川，鹿島，松岡：マウスの呼吸ガス代謝測定に関する基礎的実験—呼吸採取条件の吟味—。実験動物。15。1 (1966)，1—5。
- 9) Kirschner, L.B., C.L. Prosser and Henry Quastler: Increased Metabolic Rate in Rats after X-irradiation. Proc. Soc. Exp. Biol. 71 (1949), 463—467.
- 10) Gustafson, Gordon E. and Simon Koletsky: Nitrogen Metabolism following Whole Body X-irradiation. Am. J. Physiol. 171 (1952), 319—324.