

Cobalt-60 gamma 線 照射가 家兔의 成長에 미치는 影響

成 在 基

서울大學校 農科大學

緒 論

放射能 또는 放射性 物質이 生物體에 대하여 여러가지 影響을 미친다는 것은 주지의 사실이며, 특히 哺乳動物에 대한 放射能의 外部 照射나 放射性 物質의 內部 照射에 의해 일어나는 여러가지 反應은 매우 복잡하다. 오늘날 放射性 同位元素를 직접 다루고 있는 사람은 물론 生物體 중에서도 이에 가장 敏感한 動物體는 항상 放射能에 대한 危險性이 뒤 따르고 있어 放射能을 취급함에 있어서는 언제나 특별한 주의가 필요하다. 人體나 動物이라 할지라도 成長이 가장 왕성한 發育期에 있는 動物이 放射能에 더욱 敏感하다고 알려져 있다.^{5,6} 動物體에 대한 放射線의 外部 照射에 관해서 Nash와 Gowen¹²은 妊娠 중인 마우스에 X 線을 外部 照射하여 거기에서 出産된 새끼 마우스의 成長率을 調査 報告한 바 있다. Moos 등¹⁰은 마우스에 X 線을 全身 照射 함으로서 實驗動物의 體重의 變化와 成長에 미치는 影響을 研究 報告하였다. 이밖에도 마우스를 각종 放射線으로 全身 照射하여 이로부터 成長率의 變異 致死率 또는 感受性 등에 관한 많은 研究보고가 있다.^{4,8,13,14,17}

이밖에도 動物을 X 線이나, γ 線으로 全身 照射했거나 또는 각종 放射性 同位元素를 利用한 內部 照射에 의한 放射能에 대한 感受性, 照射量의 차이에서 오는 成長率의 比較와 致死率의 比較를 비롯하여, 生殖器 照射로 인한 精子의 生存率 등에 관한 研究가 Brown 등¹¹, Chambers 등⁹, Freund와 Borrelli⁸, Hands 등⁷ 그리고 Naitoh 등¹¹에 의하여 報告되었다.

著者は 이 연구에서 生後 50日 前後의 仔兔를 각 實驗群에 따라 각각 一定量의 ^{60}Co γ 線으로 單回 外部 全身 照射를 함으로서 照射量의 差異에 따른 實驗群間의 體重 比較와, 照射量에 대한 致死率과 日當 增體率 등을 관찰하였다.

材料 및 方法

供試家兔: 生後 50日 前後인 平均 體重 450gm 의 하마리안種 仔兔 96頭(雌雄 各 48頭)를 제 1표와 같이 配置하였다. 飼育은 室內에서 각 群別로 配置 分離 飼育하였으며 飼料는 養鷄用 配合飼料(카아걸社製)와 靑草를 1日 4回씩 採食케 하였다. 供試動物의 疥癬(coccidiosis) 예방을 목적으로 實驗期間동안 每 2週 마다 定量의 Amprol-Plus(美國 멜크社製)를 飼料에 혼합하여 부여 하였다.

實驗方法: 供試家兔를 8群으로 分群하여 (제1표 참조) 각 實驗群에는 100~700 rad의 ^{60}Co γ 線을 同一 條件下에서 각 實驗群에 따른 照射量의 差異를 두어 單回 外部 全身 照射하였다. 照射方法은 仔兔가 一頭씩 들어갈 수 있는 나무 箱子 속에 넣어 群別로 照射하였으며 ^{60}Co γ 線源은 原子力研究所의 gamma-field 를 사용하여 dose rate는 15rad/min. 로 하였다. 각 實驗群의 體重 測定은 照射 直前과 照射 후 每 1回씩 아침 空腹時에 個體別로 全 實驗期間 10회에 걸쳐 計測하였고 각 個體別 日當 增體率은 最終 計測值에서 처음 計測值를 뺀 나머지 數值를 實驗實施 日數로 나누어서 算出하였다.

Table 1. Grouping of the Experimental Rabbits-and Dose of Cobalt-60 Irradiation

| Group | | Control | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|-------------------------------------|--------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Number of rabbit | Male | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | Female | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Irradiated dose of gamma-rays (rad) | | — | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |

結 果

^{60}Co γ 線を照射해서 얻은 각 實驗間의 日當 增體率과 適當 體重値는 다음과 같다. 단 實驗群別 比較에서 多量照射群인 VI群(600 rad)과 VII群(700 rad)은 照射 2週 후 부터 3週에 이르는 동안 VI群에서 4頭, VII群에서 3頭만이 生存하였을 뿐 모두 斃死하였기 때문에 이 2個群은 日當 增體率 및 適當 體重値의 比較에서 제외하였다.

日當 增體率의 比較: 雌兔群間의 日當 增體率 比較는 제2표에서와 같이 照射群이 $9.84 \pm 0.34\text{gm}$ 로서 가장 높았고, V群이 $3.75 \pm 0.54\text{gm}$ 로 가장 낮았다. 대체로 日當 增體率은 照射量이 增加함에 따라 낮은 數値를 나타냈으며 각 實驗群間에는 $p < 0.01$ 의 有意性을 나타냈다. 그러나 對照群과 I群間에는 전혀 차이가 없었고 對照射과 I群에 대해서는 나머지 實驗群 모두 $p < 0.01$ 의 有意性을 나타냈다.

Table 2. Comparison of Body Gain of Female Rabbits after Irradiation of Cobalt-60 γ -Rays

| Group | Control | I | II | III | IV | V | | |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|
| Mean \pm S.E. (gram) | 9.84 ± 0.34 | 9.31 ± 0.63 | 7.00 ± 0.88 | 4.64 ± 0.57 | 4.48 ± 0.85 | 3.75 ± 0.54 | | |
| f-value | 24.766** | | V 3.75 | IV 4.48 | III 4.64 | II 7.00 | I 9.31 | Control 9.84 |

** : $p < 0.01$

雄兔 實驗群間의 日當 增體率의 比較는 제3표와 같다. 즉 I群($10.93 \pm 0.91\text{gm}$)이 가장 높았고 IV群($3.86 \pm 0.53\text{gm}$)이 가장 낮았다. 여기에서도 雌兔에서처럼 對

照群과 I群間에는 전혀 차이가 없었으나 이들 兩群과 그 밖의 實驗群과의 比較에 있어서는 예외 없이 높은 有意差($p < 0.01$)를 나타냈다.

Table 3. Comparison of Body Gain of Male Rabbits after Irradiation of Cobalt-60 γ -Rays

| Group | Control | I | II | III | IV | V | | |
|------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------|
| Mean \pm S.E. (gram) | 10.28 ± 0.95 | 10.93 ± 0.91 | 6.33 ± 0.35 | 5.66 ± 0.84 | 3.86 ± 0.53 | 3.89 ± 0.54 | | |
| f-value | 17.484** | | IV 3.86 | V 3.89 | III 5.66 | II 6.33 | Control 10.28 | I 10.93 |

** : $p < 0.01$

性의 區別 없이 全 實驗群間의 日當 增體率을 比較한 것은 제4표와 같다. 즉 I群의 $10.12 \pm 0.49\text{gm}$ 과 對照群의 $10.06 \pm 1.25\text{gm}$ 사이에는 거의 같은 增體率을 보

였으나 그 밖의 4個의 實驗群은 매우 낮은 增體率로 나타나 여기에서도 역시 對照群과 I群 對 그 밖의 實驗群間에는 고도의 有意差($p < 0.01$)를 나타냈다.

Table 4. Group Comparison of Body Gain of Rabbits after Irradiation of Cobalt-60 γ -Rays

| Group | Control | I | II | III | IV | V | | |
|------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------|
| Mean \pm S.E. (gram) | 10.06 ± 1.25 | 10.12 ± 1.27 | 6.67 ± 0.84 | 5.15 ± 0.67 | 4.17 ± 0.55 | 3.82 ± 0.49 | | |
| f-value | 35.773** | | V 3.82 | IV 4.17 | III 5.15 | II 6.67 | Control 10.06 | I 10.12 |

** : $p < 0.01$

性別 日當 增體率을 比較한 결과는 제5표에서와 같이 平均 增體率에 있어서 雄兔群이 약간 높은 數値를 나타냈으나 有意差는 없었다.

適當 體重値의 比較: 供試仔兔의 適當 體重値間의 比較는 제6표에서 보는 바와 같다. 照射 直前과 照射

1週 後의 體重値의 比較에서는 각 實驗群間에 아무런 차이를 나타 내지 않고 있었으나, 照射 2週後부터 9週後까지의 體重値의 比較에서는 照射 後 2週値에서 有意差($P < 0.05$)를 나타내기 시작하여 3週 이후부터는 예외 없이 각 실험群間에 고도의 有意差($P < 0.01$)를 보

Table 5. Comparison between Male and Female Rabbits on Body Gain after Irradiation of Cobalt-60 γ -Rays

| Group | | Control | I | II | III | IV | V |
|---------------------|--------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Mean±S.E. (gram) | Male | 10.27±0.95 | 10.93±0.91 | 6.33±0.35 | 5.66±0.84 | 3.86±0.53 | 3.89±0.54 |
| | Female | 9.84±0.34 | 9.31±0.63 | 7.00±0.88 | 4.64±0.57 | 4.78±0.85 | 3.75±0.54 |
| t-value | | 0.856 | | | | | |

었다. 또한 시종 對照群과 I 群의 體重値는 거의 같은 量과 반비례 하였다.
水準을 계속 유지하였으며 각 實驗群의 體重値는 照射

Table 6. Comparison of Body Weight Among the Groups of Cobalt-60 Irradiated Rabbits

| Weeks after irradiation of γ -ray | Group | Control | I | II | III | IV | V |
|--|-----------|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Before irradiation | Mean±S.E. | 466±14.12 | 459±12.97 | 465±17.86 | 462±13.83 | 443±12.10 | 447±11.81 |
| | f-value | 0.456 | | | | | |
| 1 week | Mean±S.E. | 504±46.10 | 526±12.24 | 543±30.54 | 511±26.51 | 486±19.02 | 492±10.37 |
| | f-value | 1.419 | | | | | |
| 2 weeks | Mean±S.E. | 591±18.73 | 574±18.58 | 581±25.64 | 547±21.03 | 526±18.58 | 507±18.61 |
| | f-value | 2.694* 507 526 547 574 581 591 | | | | | |
| 3 weeks | Mean±S.E. | 642±20.89 | 629±20.92 | 564±33.71 | 535±27.37 | 517±22.47 | 506±23.63 |
| | f-value | 5.234** 506 517 535 564 629 642 | | | | | |
| 4 weeks | Mean±S.E. | 734±31.70 | 724±19.45 | 648±28.53 | 617±29.68 | 608±25.07 | 532±20.46 |
| | f-value | 8.403** 532 608 617 648 724 734 | | | | | |
| 5 weeks | Mean±S.E. | 796±26.36 | 775±20.31 | 638±28.53 | 622±29.52 | 588±25.07 | 540±31.41 |
| | f-value | 14.332** 540 588 622 638 775 796 | | | | | |
| 6 weeks | Mean±S.E. | 912±36.59 | 902±25.07 | 701±26.65 | 672±29.68 | 609±28.58 | 562±33.42 |
| | f-value | 14.807** 562 609 672 701 902 912 | | | | | |
| 7 weeks | Mean±S.E. | 946±39.19 | 951±30.25 | 761±9.22 | 698±30.83 | 633±36.59 | 572±40.92 |
| | f-value | 21.053** 572 633 698 761 946 951 | | | | | |
| 8 weeks | Mean±S.E. | 1019±54.46 | 1011±43.51 | 811±32.85 | 728±34.00 | 665±34.87 | 593±47.83 |
| | f-value | 18.019** 593 665 728 811 1011 1019 | | | | | |
| 9 weeks | Mean±S.E. | 1107±38.32 | 1096±41.49 | 853±38.61 | 748±38.90 | 675±42.93 | 599±51.00 |
| | f-value | 25.790** 599 675 748 853 1096 1107 | | | | | |

* : $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

考 察

Spalding 등⁽¹⁸⁾은 마우스의 年齡差에 따른 放射能의

感受性에 관한 實驗에서 어린것일 수록 放射能에 敏感했고 이로 인한 壽命의 단축이나 그 밖의 生體反應이 現저했다는 보고를 하였다. Krebs와 Brauer⁽⁶⁾는 마우

스를 X線으로 分割照射과 單回照射를하여 致死率을 調査하였던 바, 單回照射 時의 LD₅₀는 650r 이 되었으나 分割照射에서의 LD₅₀는 照射日數에 따라 171r/day 5日間, 85r/day 10日間, 65.5r/day 15日등으로서 일시에 多量照射한 경우가 훨씬 危險한 效果를 나타냈다. 또한 致死量 이하의 照射量인 때도 照射量과 成長率은 서로 반비례 현상을 나타냈다고 보고했다. Storer⁽¹⁴⁾도 임신 마우스에 X線을 照射한 다음 그 母體에서 분탄된 마우스의 體重變化를 관찰하였다니 照射量이 증가할수록 體重値는 낮아 졌다고 했다. 또 Brown 등⁽²⁾은 10-13才의 암 노새에 γ 線을 外部 全身照射하였던 바 320rad에서 10% 斃死率을 보였고 LD₅₀는 545 rad 있음을 보고하였다. 한편 放射性 物質의 内部照射에 의한 생체발육 현상에 관한 연구는 鄭⁽¹⁸⁾이 鷄胎兒에 ³²P를 注入함으로써 2.9%~42.2%의 成長抑制率을 볼 수 있었다고 하였다. 李 등⁽¹⁶⁾은 1~2 μ c/gm의 ³²P를 초생주에 주입하고 6日과 10日후에 심한 體重減少가 나타났다고 보고한 바 있다. 또한 松岡 등⁽¹⁵⁾의 보고에서도 ³²P 주입량에 비례해서 생체의 발육억제 효과가 나타났으며 특히 체중 gm當 10 μ c를 주입한 중추의 경우에는 발육이 완전히 중지되었다고 했다.

本實驗에서 γ 線을 多量照射한 VI群과 VII群의 경우, 照射 2週 後에 50% 이상이 斃死한 것으로 보아 Krebs와 Brauer⁽⁸⁾ 그리고 Brown 등⁽²⁾이 주장한 것과 비슷하였다. 또한 Hands 등⁽⁷⁾이 말한 마우스나 기니피그 같은 실험동물의 LD₅₀는 600~900 rad 라는 보고와도 같은 경향임을 알 수 있었다. 따라서 발육기에 있는 生後 50日 前後의 仔兔에서 γ 線의 單回 外部 全身照射 時의 LD₅₀는 600rad 내외라고 생각된다. 그리고 VI群과 VII群을 제외한 對照群과 각 實驗群에 대한 本實驗의 成績을 살펴 볼 때 日當 增體率의 比較에서는 대체로 照射量이 증가함에 따라 增體率은 감소되었다. 따라서 放射線에 의한 仔兔의 成長에 미치는 영향은 역시 Krebs와 Brauer,⁽⁸⁾ Nash와 Gowen⁽¹²⁾, 鄭⁽¹⁸⁾, 그리고 松岡 등⁽¹⁵⁾이 마우스와 병아리등에서 실험한 결과와 같은 경향을 보였고, 照射量과 仔兔의 成長과는 밀접한 相關關係가 있음을 알 수 있게 하였다. 한편 放射能照射에 의한 仔兔의 性別 比較에 性에 따른 成長率의 차이가 나타나지 않았다는 것을 보면 成長率에 있어서 單은 放射能照射效果가 性과는 무관하다는 것을 알 수 있었다.

각 實驗群間의 適當 體重値를 관찰할때 照射直前과 照射 1週에서의 數值 比較에서는 아무런 차이가 없었고, 照射 後 3週 부터 약간의 차이가 나타나기 시작하여 4週 부터 9週까지는 예외 없이 각 實驗群間에 고도의 有意差를 나타낸 점으로 미루어 보아 放射能照射와 體重

值와의 관계는 一定한 한도內에서는 대체로 照射量과 反比例의인 관계가 성립된다는 것을 생각할 수 있으며 다만 處理群중 最小 照射를 받은 I群은 시중 對照群과 같은 水準의 體重値를 나타낸 것을 보면 仔兔에서도 100 rad 내외의 單回 外部 全身照射量으로서는 成長에 하등의 영향을 주지 않는 것으로 믿어진다.

結 論

生後 50 前後의 仔兔에 ⁶⁰Co γ 線을 單回 外部 全身照射한 다음 照射量의 差異에 따른 각 實驗群間의 增體率을 比較하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 日當 增體率 比較에서 對照群과 100rad 照射群間에는 차이가 없었으나 對照群과 그 밖의 照射群間에는 모다 고도의 有意差를 보여 주었다.
2. 性別間의 日當 增體率의 比較에서는 전혀 차이를 볼 수 없었다.
3. 대체로 γ 線 照射量과 仔兔의 成長率과의 관계는 照射量이 增加할수록 成長率은 감소되는 현상을 보여 주었다.
4. γ 線 單回 外部 全身照射時에 仔兔에서의 LD₅₀는 600 rad 로 나타났다.

參 考 文 獻

1. Brown, D.G., Gramly, W.A., and Cross, H.: Response of 3 breeds of swine exposed to whole-body cobalt-60 gamma radiation in daily doses of 100 roentgens. Am. J. Vet. Res., 1964. 25:1347.
2. Brown, K.G., Jonson, K.G., and Cross, F.H.: Late effects observed in burros surviving external whol-body gamma irradiation. Radiat. Res., 1965. 25:574.
3. Chambers, F.W., Biles, C.R., Bodenlos, L.J., and Dowling, J.H.: Mortality and clinical signs in swins exposed to total-body cobalt-60 gamma irradiation. Radiat. Res., 1964. 22:316.
4. Clapp, N.K.: LD₅₀ (24 hours) observations in the chick embryo after exposure to X-ray. Radiat. Res., 1964. 22:475.
5. Comar, C.A.: Radioisotopes in biology and argiculture. McGraw-hill Book Co., New York, 1955. p.89.
6. Freund, M., and Borrelli, F.: The effects of X-irradiation on male fertility in the guinea pig. Effect of 75, 150, and 300 roentgens of wholebody X-irradiation of semen production. Radiat. Res., 1964. 22:404.

7. Hands, G.D., Page, N.P., Ainsworth, E.J., Leong, G.F., Menkes, C.K., and Alpen, E.L.: Acute mortality and recovery studies in sheep irradiated with cobalt-60 gamma-rays of 1-Mvp X-rays. *Radiat. Res.*, 1966. 27:397.
8. Krebs, J.S., and Brarer, R.W.: Accumulation of lethal irradiation doses by fractionated exposure to X-rays. *Radiat. Res.*, 1965. 25:480.
9. Meschan, I.: Roentgen signs in clinical diagnosis. Saunders Co., Philadelphia, 1956. p. 36.
10. Moos, W.S., Yusken, J.W., and Baritz, R., Fuller, J.B., Plagge, J.C., and Harvey, R.A.: Irradiation of mice with fractionated dosage of X-rays. Effects on longevity and total-body weight. *Atompraxis*, 1962. 10:398.
11. Naitoh, P., Engel, R.E., and Spurrell, F.A.: Early changes in autonomic responses after cranial gamma irradiation in the burro. *Radiat. Res.*, 1965. 25:626.
12. Nash, D.J., and Gowen, J.W.: Effects of X-irradiation upon postnatal growth in the mouse. *Biol. Bull.*, 1962. 122:115.
13. Spalding, J.F., Johnson, O.S., and Archuleta, R. F.: Acute radiosensitivity as a function of age in mice. *Nature*, 1965. 208:905.
14. Storer, J.B.: Radiation resistance with age in normal and irradiated populations of mice. *Radiat. Res.*, 1965. 25:435.
15. 松崗理・池田三義・大久保義史：放射性物質による家畜の障害に関する基礎的研究。I. P^{32} による内部照射の障害。(1) P^{32} 吸収, 非泄, 分布並臓器被照射線量について。日本獣医学会誌, 1958. 20:151.
16. 李俊燮・尹錫鳳・高光斗：放射性磷(^{32}P)이 鷄胎兒 및 初生雛 發育에 미치는 影響。大韓獸醫學會誌, 1971. 11(2):117.
17. 田中亮一・柏原孝夫：マウスの繁殖能力に及ぼす原子爐(JRR-1)照射の影響。I. 成熟雄に照射した場合の體重および主な内分泌器官の重量變化について。日本畜産學會報, 1971. 42:96.
8. 鄭世愚：放射性磷(^{32}P)이 孵化 鷄卵의 發育 및 主要臟器에 미치는 病理組織學的 影響에 關한 研究。最新醫學, 1965. 8:59.

Effects of Cobalt-60 γ Irradiation on the Growth of Rabbits

Jai Ki Sung, D.V.M., M.S.

College of Agriculture, Seoul National University

Abstract

In order to investigate the effects of cobalt-60 gamma ray irradiation on the body gains of rabbits aging approximately 50-day-old rabbits were subjected to single whole-body gamma irradiation externally. The results obtained were as follows:

1. There were significant differences of the body gains between control and treated groups except the 100 rads gamma-rays exposure group.
2. There were no differences in body gains between male and female rabbits.
3. Generally, the relation between gamma irradiated doses and the growth rates of rabbits were inversely proportional.
4. The LD_{50} of the rabbits was 600 rads in case of single external whole-body gamma irradiation.