

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Cobalt-60分割照射の脂肪吸収に及ぼす影響に関する実験的研究   |
| Author(s)    | 土井, 英生  |
| Citation     | 日本医学放射線学会雑誌. 1968, 28(5), p. 590-603  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/17867">https://hdl.handle.net/11094/17867</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# Cobalt-60分割照射の脂肪吸収に及ぼす 影響に関する実験的研究

熊本大学医学部放射線医学教室 (主任 片山健志教授)

大学院学生 土 井 英 生

(昭和42年12月11日受付)

Experimental Studies of the Effect of Cobalt-60 Irradiation on Fat Absorption

By

Eisei Doi

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kumamoto University

(Director: Prof. Kenshi Katayama)

The gastrointestinal tract is generally recognized as being one of the organs most sensitive to irradiation. Several observations of the effect of irradiation on intestinal absorption have been carried out; however, these all are as to the effect of the whole-body or abdomen massive irradiation on intestinal absorption. There is no study as to the effect of simple fractionated doses of irradiation to the abdomen on intestinal absorption.

The purpose of the work reported in this paper is to evaluate the effect of simple fractionated doses of Cobalt-60 irradiation to the abdomen on intestinal fat absorption in rabbits with the use of  $^{131}\text{I}$ -Triolein, which has recently been utilized as an accurate and simple method of evaluating to some degree the function of the intestine with regards to fat absorption.

The results were as follows:

1) In the two groups of 200 R Cobalt-60 irradiation daily to the upper and lower abdomens, blood radioactivity levels for overall time did not decrease to degree as to be statistically significant. Fecal radioactivity did not increase after total doses 4000 R, but apparently increased after total doses of 6000 R and 8000 R to a statistically significant degree in either group; fat absorption was found to be reduced after total doses of 6000 R and 8000 R.

2) In the two groups of 400 R Cobalt-60 irradiation daily to the upper and lower abdomens, blood radioactivity levels for overall time did not decrease to any degree. In the group which Cobalt-60 was applied to the upper abdomen, fecal radioactivity increase significantly after total doses of 2000 R irradiation. When applied to the lower abdomen, fecal radioactivity increased only slightly after total doses of 2000 R irradiation. But the increase of fecal radioactivity after 4000 R and 6000 R irradiation was statistically significant. Fat absorption was found to be reduced after total doses of 2000 R.

## I 緒 言

消化管に及ぼす放射線の影響に関しては、1897年 Walsh<sup>1)</sup> による最初の報告以来、病理組織学

的あるいは生理学的立場から諸家による数多くの研究がなされている。

まず、病理組織学的研究業績としては、古くは

Warren<sup>23)</sup>, Martin<sup>4)</sup> などの報告が挙げられ、やや遅れて Buchwald<sup>5)</sup> さらに Bloom<sup>6)</sup>, Montagna<sup>7)</sup>, Quastner<sup>8)</sup>, Senn<sup>9)</sup>, Ellinger<sup>10)</sup> など、最近では赤松<sup>11)</sup>, Tori<sup>12)</sup> 広瀬<sup>13)</sup> などの発表が散見される。

放射線が消化管の生理学的作用に及ぼす影響に関する研究としては、消化管の運動機能および消化吸収機能の様態をとり扱って論じているものが多くみられるようである。

放射線の消化管運動に及ぼす影響については、Andersen<sup>14)</sup> Toyama<sup>15)</sup> および Swann<sup>16)</sup> はいずれも消化管の緊張増強を、Ely と Ross<sup>17)</sup> は胃排泄時間の遅延をきたすことを報告している。Conard<sup>18)</sup><sup>19)</sup> はラッテに 100R あるいはそれ以上の X 線照射を行ない、小腸の緊張および運動の亢進を認め、一般に線量の増加に伴って緊張の程度は強まり、持続時間は長くなると述べ、この変化はマウスや家兎においても同様に認められるといっている。なお、Wallace<sup>20)</sup> は子宮頸部癌深部治療患者において、回腸の運動減弱を認めたと述べている。Goodman ら<sup>21)</sup> はラッテにおいて胃の排泄時間の遅延が起こるが、胃が放射線錐に含まれなくとも大量照射によつて胃排泄遅延がもたらされると述べ、Swift ら<sup>22)</sup> によると、照射線量の増大につれて排泄遅延は促進されるといっている。大野<sup>23)</sup> は硫酸バリウムを用いてのマウスによる実験で、線量の増加に伴つて腸管の通過時間の遅延はより一層に強まることを報告している。

放射線の消化管吸収機能に及ぼす影響に関する業績は、本邦文献をひもといてもあまり見当たらないようである。

糖質の消化吸収機能をみた海外の報告を通覧すると、古くは Buchwald<sup>5)</sup> が L.D<sub>50</sub> の全身照射を行なつたラッテにおいて、ブドウ糖の吸収は照射 20~40 時間後において低下をきたしたと述べており、次いで 1947 年 Barron<sup>24)</sup> はラッテを用いての実験で、照射後 2~4 時間でブドウ糖の吸収障害をきたし、この障害の程度と照射線量間には直線関係のあることを報告している。Detrick<sup>25)</sup> はラッテに X 線の 600R 全身照射を行ない、小腸の一部分においてブドウ糖吸収の低下を認め、照射

3~6 日後にかけてもつとも吸収が抑制されるといっている。1957 年 Moss<sup>26)</sup> はラッテの小腸の一部分に 700R の X 線照射を行ない、ブドウ糖の著明な吸収低下を認め、胃排泄時間の遅延という因子がわずかに関与しているとしても吸収障害そのものによる因子が相当の役割を演じていると述べ、Farrar ら<sup>27)</sup> も同様に糖質の吸収低下の起こることに論及している。

蛋白質吸収に及ぼす放射線照射の影響については、Shishova<sup>28)</sup>, Schwartz<sup>29)</sup> などの 1.2 の報告があるが、前者はアミノ酸を用いてのラッテにおける実験で 500~600R 照射後に吸収機能が低下したといい、後者は<sup>131</sup>I 血清アルブミンを用いての実験で 1,400R 照射までその低下をみないと述べている。

Bennet ら<sup>30)</sup> によると、650R 全身照射されたラッテでは Vitamin A の吸収は正常であるか、あるいはかえつて増強していると発表しているが、これが放射線によつて消化管吸収機能が障害を受けないという最初の報告である。なお、さらに Goodman ら<sup>21)</sup> によると、ラッテに 450R 全身照射を行なつて Evans blue を使用し、小腸からの吸収機能低下を認めたが、これは照射による運動の変化、主として胃排泄時間の遅延に基づくものであると述べている。

以下放射線照射による脂肪吸収障害の様態を検討した研究業績をみると、古くは Martin ら<sup>31)</sup> が犬を使用しての実験で、消化管の X 線照射により脂肪吸収機能の低下を認めている。Mead ら<sup>32)</sup> はマウスに 600~700R 全身照射を行ない、メチルオレインを使用しての検査で、脂肪吸収がほとんど正常であり、尿中の脂肪増加は脂肪を含まない飼料を与えた動物においても認められるという事実を照して、吸収低下によるものではなく、吸収のわずかな変化は胃排泄時間の遅延および小腸運動の変化に基因するものであると推考した。最近では 1961 年に Schwartz ら<sup>29)</sup> は全身 X 線照射マウスに <sup>131</sup>I-Oleic acid 試験を行ない、対照例では Oleic acid の 82% を吸収するに反して、600R あるいはそれ以上の全身照射例では Oleic acid 吸収の著明な低下をきたすと述べており、さらに

1966年に Nagy ら<sup>33)</sup>は 650R 全身照射ラットに  $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験を行ない、対照例に比して  $^{131}\text{I}$  血中放射能の低下を認め、脂肪吸収障害があることを指摘した。なお、臨床的研究としては下腹部放射線照射患者に脂肪あるいは脂肪酸の吸収低下を証明している Reeves ら<sup>34)35)</sup>の報告をみるにすぎない。

以上のごとく、その研究報告のほとんどは動物を使用したものであり、かつ、全身あるいは局所に対する大量一回照射による消化管吸収機能に及ぼす影響について論じたものであり、われわれが日常臨床に用いている分割照射を行なった場合の成績に触れたものはない。もとより、臨床的にこの方面の研究を行なった研究報告に至つてはさらにきわめて微々たるものである。

そこで著者は家兎の腹部局所に Cobalt-60 分割照射を行ない、 $^{131}\text{I}$ -Triolein を用いて消化管吸収機能に及ぼす影響について検索し、臨床上の参考に資するため本実験を行なった次第である。

ちなみに、肝臓もその一部が照射されることが考えられるので、肝臓機能の一端をうかがうために血清トランスアミナーゼ活性値の検討も行なった。

## II 実験方法

### 1. 実験動物

実験動物としては、体重 2.0~2.5kg の白色雄性家兎を用い、2 週間にわたつて日本クレア社製固型飼料にて飼育し、環境に馴らし、健康状態を観察して実験に供した。飼料は毎日 150g 宛投与し、毎日体重を測定した。

### 2. 照射方法

照射装置は東芝製 RCV-50-1 型放射性同位元素回転治療装置 (Cobalt-60 2,000Ci) である。家兎を空中線量 200R 照射、空中線量 400R 照射の 2 群に分け、(以下空中線量は省略する) さらに各群をそれぞれ上腹部および下腹部照射の 2 群に分け、背臥位に固定して S.S.D. 40cm にてとも 10 × 8 cm の照射野で垂直方向より 200R 照射群では毎日 200R 宛、400R 照射群では毎日 400R 宛の分割照射を行なった。200R 照射群においては、

照射前、2,000R、4,000R、6,000R、8,000R 照射後の各時期にそれぞれ  $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験を行ない、400R 照射群においては、照射前、2,000R、4,000R、6,000R 照射後の各時期にそれぞれ  $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験を行なった。

### 3. $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験

前処置：検査前 2 日間にわたつて、NaI 50mg を給水に混ぜて投与し、甲状腺ブロックを行ない、検査 12 時間前より採血終了時まで飼料の投与を中止した。

試験食：Hot meal として第一化学薬品製の  $^{131}\text{I}$ -Triolein Capsule No. 1 (25 $\mu\text{Ci}$ ) を使用し、Cold meal は使用しなかつた。Capsule はこれを家兎口腔内に挿入し、嚥下運動を行なわせて服用させた。

試料の調整：試料の採取は、血液では試験食投与後経時的に耳静脈よりのおのおの 1ml 宛採血し、所定のヘパリン加試験管にいれ、生理的食塩水 1ml を混和して 2ml として放射能測定に供した。すなわち、予備実験としては試験食投与後 2、4、6、8、10、12、14 時間目に、本実験としては 2、4、6、8 時間目に採血した。尿では予備実験には試験食投与後最初の 3 日間および 4~5 日の 2 日間とに分けて採集し、本実験には試験食投与後 3 日間にわたつて採集した。採集に当つては尿の混入を厳重にさけるために、1 日 4 回以上にわたつて 500ml 入りのビーカーに集めた。

放射能測定法：血中放射能は日本無線製のウエル型シンチレーション放射能測定装置で測定し、尿中放射能は日本無線製のスタンド型シンチレーション放射能測定装置で測定した。なお、Standard は Capsule に附属している標準液の  $\text{Na}^{131}\text{I}$  を希釈して、試料測定と同一条件で測定した。また検査前にあらかじめ Capsule 内試料の放射能と標準液の放射能をそれぞれ測定して、両者の Count の比を算出し、標準液を 25 $\mu\text{Ci}$  として Capsule 内試料の放射能を補正して実験に供した。血中放射能は家兎の全血液量を Haam<sup>36)</sup>、Boycott<sup>36)</sup> にしたがつて体重の 5% とみなして、次式のごとく、投与量に対する百分率で表わした。

$$\text{血中放射能 (\%)} = \frac{\text{血液 1 ml の放射能 Count} \times \text{体重 (kg)} \times 1,000 \times \frac{5}{100}}{\text{標準液 } 0.0187 \mu\text{Ci の Count} \times \frac{\text{Capsule の } \mu\text{Ci}}{0.0187 \mu\text{Ci}}} \times 100$$

尿中放射能も同様に投与量に対する百分率で表わした。

$$\text{尿中放射能 (\%)} = \frac{\text{3 日間の全尿中放射能の Count}}{\text{標準液 } 4.5454 \mu\text{Ci の Count} \times \frac{\text{Capsule の } \mu\text{Ci}}{4.5454 \mu\text{Ci}}} \times 100$$

4. 血清トランスアミナーゼ

上腹部に毎日 200R 照射および 400R 照射をそれぞれ 3 羽宛行ない、200R 照射群では照射前、2,000R、4,000R、6,000R、8,000R 照射後 400R 照射群では照射前、2,000R、4,000R、6,000R 照射後の各時期にそれぞれ耳静脈より一定量を採血して血清を分離し、SGOT、SGPT を Reitman-Frankel の比色法によつて測定した。

III 実験成績

1. 予備実験成績

<sup>131</sup>I 血中放射能は 9 羽の家兎における <sup>131</sup>I 血中放射能の各時間の平均値について検討すると、Table I にみられるように、8 時間値が 6.49 ± 1.60 % で最高値を示し、その前後において著差はなく、なだらかな消長を示すのが認められた。また、<sup>131</sup>I

尿中放射能は最初の 3 日間の集計値が 8.61 ± 1.02 %、4 ~ 5 日目の 2 日間の集計値が 0.41 ± 0.18 % で、最初の 3 日間に <sup>131</sup>I 尿中放射能のほとんどが

Table I. Results of <sup>131</sup>I-Triolein test in normal rabbits.

| No.  | Radioactivity of blood<br>(% of administered dose/total blood volume) |         |         |         | Radioactivity of feces<br>(% of dose)<br>72hours |
|------|---|---------|---------|---------|--|
|      | 2 hours   | 4 hours | 6 hours | 8 hours |  |
| 1    | 3.79  | 8.37    | 8.87    | 8.88    | 7.15   |
| 2    | 5.64  | 7.03    | 10.30   | 9.79    | 8.03   |
| 3    | 4.39  | 5.78    | 8.91    | 9.60    | 7.61   |
| 4    | 3.69  | 4.97    | 5.63    | 6.07    | 7.87   |
| 5    | 4.87  | 7.86    | 10.27   | 9.01    | 9.31   |
| 6    | 5.87  | 8.99    | 9.94    | 8.25    | 7.60   |
| 7    | 4.12  | 4.74    | 5.49    | 5.28    | 10.37  |
| 8    | 6.95  | 4.66    | 4.44    | 4.31    | 6.98   |
| 9    | 4.29  | 5.18    | 5.25    | 5.28    | 8.37   |
| 10   | 2.40  | 5.20    | 6.49    | 6.52    | 9.06   |
| 11   | 3.60  | 5.18    | 5.43    | 4.98    | 7.61   |
| 12   | 7.50  | 7.16    | 7.17    | 7.00    | 9.04   |
| 13   | 8.17  | 8.05    | 7.61    | 7.15    | 9.06   |
| 14   | 3.86  | 4.77    | 5.97    | 7.54    | 9.91   |
| 15   | 5.74  | 6.69    | 6.48    | 5.91    | 10.23  |
| 16   | 7.74  | 9.49    | 10.06   | 9.05    | 8.80   |
| 17   | 4.50  | 5.99    | 5.50    | 3.74    | 7.07   |
| 18   | 3.16  | 3.34    | 5.03    | 5.48    | 8.94   |
| 19   | 4.99  | 6.03    | 6.03    | 6.35    | 8.04   |
| 20   | 7.86  | 8.01    | 8.18    | 8.12    | 10.26  |
| Mean | 5.15  | 6.37    | 7.15    | 6.91    | 8.56   |
| S.D. | ±1.70   | ±1.68   | ±1.95   | ±1.84   | ±1.10  |

Table I Determination of times in order to draw blood and to collect feces for <sup>131</sup>I-Triolein test in normal rabbits.

| No.   | Radioactivity of blood<br>(% of administered dose/total blood volume) |        |        |        |         |         |         | Radioactivity of feces<br>(% of administered dose) |           |
|-------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--|-----------|
|       | 2hours  | 4hours | 6hours | 8hours | 10hours | 12hours | 14hours | 1 ~ 3 day  | 4 ~ 5 day |
| 1     | 4.60  | 5.38   | 5.14   | 5.03   | 4.74    | 4.44    | 4.34    | 7.97   | 0.43      |
| 2     | 4.67  | 5.27   | 8.65   | 9.54   | 8.42    | 7.72    | 7.34    | 8.31   | 0.57      |
| 3     | 4.79  | 4.89   | 4.24   | 4.17   | 4.16    | 4.17    | 3.59    | 6.69   | 0.46      |
| 4     | 4.77  | 5.86   | 6.42   | 7.44   | 7.31    | 7.23    | 7.04    | 8.08   | 0.11      |
| 5     | 5.59  | 6.02   | 5.86   | 5.83   | 5.80    | 5.54    | 5.09    | 8.80   | 0.21      |
| 6     | 4.19  | 5.07   | 6.21   | 5.42   | 5.64    | 5.41    | 5.66    | 8.95   | 0.61      |
| 7     | 7.22  | 7.57   | 7.47   | 7.52   | 6.87    | 6.23    | 5.46    | 9.45   | 0.60      |
| 8     | 5.19  | 7.71   | 7.64   | 7.03   | 6.37    | 6.24    | 5.51    | 10.34  | 0.57      |
| 9     | 4.12  | 4.65   | 5.34   | 6.45   | 6.13    | 5.68    | 5.05    | 8.95   | 0.19      |
| Mean  | 5.01  | 5.82   | 6.33   | 6.49   | 6.16    | 5.85    | 5.45    | 8.61   | 0.41      |
| S. D. | ±0.94   | ±1.11  | ±1.38  | ±1.60  | ±1.29   | ±1.17   | ±1.17   | ±1.02  | ±0.18     |

Table III. Results of  $^{131}\text{I}$ -Triolein test in the group of 200 R irradiation daily to the upper abdomen.

|  |                              | Total dose (R)        | 0                     | 2000                  | 4000                   | 6000                  | 8000 |
|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------|
| Radioactivity of blood (% of administered dose/total blood volume) | 2 hours after administration | Rabbit No. 1          | 3.69                  | 5.30                  | 4.83                   | 3.03                  | 4.18 |
|  |                              | 2                     | 4.87                  | 6.04                  | 6.77                   | 4.81                  | 3.98 |
|  |                              | 3                     | 4.38                  | 4.65                  | 3.01                   | 4.00                  | 5.21 |
|  |                              | 4                     | 5.87                  | 5.68                  | 6.50                   | 5.16                  | 5.58 |
|  | Mean                         | 4.70                  | 5.41                  | 5.27                  | 4.25                   | 4.73                  |      |
|  | S.D.                         | $\pm 0.91$            | $\pm 0.59$            | $\pm 1.74$            | $\pm 0.94$             | $\pm 0.77$            |      |
|  | Statistical analysis         |                       | t = 1.780<br>p > 0.05 | t = 0.958<br>p > 0.05 | t = 3.023<br>p > 0.05  | t = 0.090<br>p > 0.05 |      |
|  | 4 hours after administration | Rabbit No. 1          | 4.97                  | 7.08                  | 6.63                   | 3.54                  | 5.86 |
|  |                              | 2                     | 7.86                  | 8.18                  | 8.53                   | 5.95                  | 4.25 |
|  |                              | 3                     | 4.73                  | 5.62                  | 3.78                   | 3.30                  | 5.21 |
|  |                              | 4                     | 8.99                  | 7.36                  | 7.42                   | 7.04                  | 6.72 |
|  | Mean                         | 6.63                  | 7.06                  | 6.56                  | 4.95                   | 5.46                  |      |
|  | S.D.                         | $\pm 2.11$            | $\pm 1.06$            | $\pm 2.11$            | $\pm 1.83$             | $\pm 1.02$            |      |
|  | Statistical analysis         |                       | t = 0.543<br>p > 0.05 | t = 0.097<br>p > 0.05 | t = 11.626<br>p < 0.01 | t = 1.221<br>p > 0.05 |      |
|  | 6 hours after administration | Rabbit No. 1          | 5.63                  | 7.60                  | 8.27                   | 3.79                  | 6.10 |
|  |                              | 2                     | 10.27                 | 8.89                  | 9.02                   | 6.74                  | 5.42 |
| 3  |                              | 5.12                  | 6.70                  | 4.91                  | 4.79                   | 5.23                  |      |
| 4  |                              | 9.94                  | 6.86                  | 6.92                  | 6.90                   | 6.60                  |      |
| Mean   | 7.73                         | 7.51                  | 7.28                  | 5.55                  | 5.84                   |                       |      |
| S.D.   | $\pm 2.76$                   | $\pm 1.15$            | $\pm 1.80$            | $\pm 1.51$            | $\pm 0.63$             |                       |      |
| Statistical analysis   |                              | t = 0.184<br>p > 0.05 | t = 0.384<br>p > 0.05 | t = 3.057<br>p > 0.05 | t = 1.447<br>p > 0.05  |                       |      |
| 8 hours after administration                                       | Rabbit No. 1                 | 6.07                  | 7.45                  | 7.59                  | 4.92                   | 5.87                  |      |
|  | 2                            | 9.01                  | 9.27                  | 9.21                  | 7.02                   | 4.80                  |      |
|  | 3                            | 5.53                  | 7.65                  | 5.90                  | 5.53                   | 6.18                  |      |
|  | 4                            | 8.25                  | 5.83                  | 6.20                  | 5.53                   | 5.92                  |      |
| Mean   | 7.21                         | 7.55                  | 7.17                  | 5.75                  | 5.69                   |                       |      |
| S.D.   | $\pm 1.73$                   | $\pm 1.46$            | $\pm 1.56$            | $\pm 0.89$            | $\pm 1.09$             |                       |      |
| Statistical analysis   |                              | t = 0.336<br>p > 0.05 | t = 0.050<br>p > 0.05 | t = 2.508<br>p > 0.05 | t = 14.84<br>p > 0.05  |                       |      |
| 72 hours collection  | Rabbit No. 1                 | 7.86                  | 8.07                  | 7.97                  | 13.19                  | 10.58                 |      |
|  | 2                            | 9.31                  | 9.54                  | 9.72                  | 10.79                  | 11.02                 |      |
|  | 3                            | 8.86                  | 8.47                  | 8.84                  | 13.77                  | 13.04                 |      |
|  | 4                            | 7.60                  | 6.60                  | 6.51                  | 11.92                  | 10.34                 |      |
| Mean   | 8.40                         | 8.17                  | 8.26                  | 12.41                 | 11.24                  |                       |      |
| S.D.   | $\pm 0.81$                   | $\pm 1.21$            | $\pm 1.36$            | $\pm 1.33$            | $\pm 1.22$             |                       |      |
| Statistical analysis   |                              | t = 0.811<br>p > 0.05 | t = 0.456<br>p > 0.05 | t = 4.619<br>p < 0.05 | t = 5.586<br>p < 0.05  |                       |      |

排泄されるものであることがわかる。

以上の予備実験成績から、本実験では採血は試験食投与後2, 4, 6, 8時間目に行ない、尿の採集は投与後3日間行なうことに決めた。

## 2. 本実験成績

### A. 正常家兎の $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験成績

照射前の正常家兎を含む正常家兎20羽についての  $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験の成績をまとめると、Table IIに示すように、 $^{131}\text{I}$  血中放射能の平均値は2時間値  $5.15 \pm 1.70\%$ 、4時間値  $6.37 \pm 1.68\%$ 、6時

間値  $7.15 \pm 1.95\%$ 、8時間値が  $6.91 \pm 1.84\%$ で、6時間値に最高の山が認められたが、8時間値と大差はなかつた。 $^{131}\text{I}$  尿中放射能は3日間で最高  $10.37\%$ 、最低  $6.98\%$ で、平均値では  $8.56 \pm 1.10\%$ であつた。

### B. Cobalt-60照射家兎の $^{131}\text{I}$ -Triolein 試験成績

#### a) 200 R照射群

Table IIIは上腹部、Table IVは下腹部にいずれも  $10 \times 8 \text{ cm}$ の照射野にて毎日200 R宛 Cobalt-60照射を行なつた家兎4羽について照射前、2,000

Table IV. Results of <sup>131</sup>I-Triolein test in the group of 200 R irradiation daily to the lower abdomen.

|  |                              | Total dose (R)        | 0                     | 2000                  | 4000                   | 6000                  | 8000  |
|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------|
| Radioactivity of blood (% of administered dose/total blood volume) | 2 hours after administration | Rabbit No. 1          | 3.79                  | 3.99                  | 2.77                   | 4.19                  | 5.21  |
|  |                              | 2                     | 3.55                  | 4.26                  | 6.90                   | 5.25                  | 6.46  |
|  |                              | 3                     | 5.64                  | 5.30                  | 3.23                   | 5.50                  | 4.83  |
|  |                              | 4                     | 4.39                  | 5.01                  | 2.52                   | 5.81                  | 5.41  |
|  | Mean                         | 4.34                  | 4.64                  | 3.85                  | 5.18                   | 5.47                  |       |
|  | S.D.                         | ±0.94                 | ±0.21                 | ±2.05                 | ±0.70                  | ±0.69                 |       |
|  | Statistical analysis         |                       | t = 1.333<br>p > 0.05 | t = 0.370<br>p > 0.05 | t = 2.166<br>p > 0.05  | t = 1.309<br>p > 0.05 |       |
|  | 4 hours after administration | Rabbit No. 1          | 8.37                  | 5.21                  | 3.54                   | 6.80                  | 5.98  |
|  |                              | 2                     | 5.18                  | 5.00                  | 7.70                   | 5.63                  | 7.92  |
|  |                              | 3                     | 7.03                  | 8.26                  | 6.12                   | 6.87                  | 6.49  |
|  |                              | 4                     | 5.78                  | 6.35                  | 5.51                   | 6.87                  | 7.27  |
|  | Mean                         | 6.59                  | 6.20                  | 5.71                  | 6.54                   | 6.91                  |       |
| S.D.   | ±1.44                        | ±1.48                 | ±1.72                 | ±0.60                 | ±0.85                  |                       |       |
| Statistical analysis   |                              | t = 0.398<br>p > 0.05 | t = 0.005<br>p > 0.05 | t = 0.084<br>p > 0.05 | t = 0.287<br>p > 0.05  |                       |       |
| 6 hours after administration                                       | Rabbit No. 1                 | 8.87                  | 8.39                  | 5.38                  | 7.92                   | 6.67                  |       |
|  | 2                            | 5.80                  | 6.38                  | 8.16                  | 5.93                   | 8.16                  |       |
|  | 3                            | 10.30                 | 8.92                  | 9.19                  | 7.38                   | 8.05                  |       |
|  | 4                            | 8.91                  | 6.18                  | 6.06                  | 7.31                   | 7.09                  |       |
| Mean   | 8.47                         | 7.46                  | 7.19                  | 7.08                  | 7.49                   |                       |       |
| S.D.   | ±1.90                        | ±1.39                 | ±1.77                 | ±0.83                 | ±0.72                  |                       |       |
| Statistical analysis   |                              | t = 1.436<br>p > 0.05 | t = 0.971<br>p > 0.05 | t = 2.038<br>p > 0.05 | t = 0.875<br>p > 0.05  |                       |       |
| 8 hours after administration                                       | Rabbit No. 1                 | 8.88                  | 9.14                  | 5.75                  | 7.27                   | 6.48                  |       |
|  | 2                            | 7.29                  | 8.15                  | 7.97                  | 6.62                   | 7.96                  |       |
|  | 3                            | 9.79                  | 9.41                  | 9.80                  | 7.36                   | 8.54                  |       |
|  | 4                            | 9.60                  | 5.76                  | 6.06                  | 7.05                   | 6.79                  |       |
| Mean   | 8.89                         | 8.11                  | 7.39                  | 7.07                  | 7.44                   |                       |       |
| S.D.   | ±1.13                        | ±1.61                 | ±1.87                 | ±0.33                 | ±0.97                  |                       |       |
| Statistical analysis   |                              | t = 0.734<br>p > 0.05 | t = 1.392<br>p > 0.05 | t = 4.129<br>p < 0.05 | t = 1.805<br>p > 0.05  |                       |       |
| Radioactivity of feces (% of dose)                                 | 72 hours collection          | Rabbit No. 1          | 7.15                  | 7.04                  | 7.64                   | 10.049                | 10.52 |
|  |                              | 2                     | 8.20                  | 9.99                  | 8.37                   | 13.88                 | 12.53 |
|  |                              | 3                     | 8.03                  | 6.86                  | 7.24                   | 12.94                 | 12.84 |
|  |                              | 4                     | 7.61                  | 7.38                  | 7.53                   | 10.46                 | 13.00 |
| Mean   | 7.74                         | 7.81                  | 7.69                  | 11.94                 | 12.22                  |                       |       |
| S.D.   | ±0.46                        | ±1.46                 | ±0.48                 | ±1.73                 | ±1.15                  |                       |       |
| Statistical analysis   |                              | t = 0.112<br>p > 0.05 | t = 1.911<br>p > 0.05 | t = 6.341<br>p < 0.01 | t = 10.394<br>p < 0.01 |                       |       |

R, 4,000R, 6,000R, 8,000R照射後の<sup>131</sup>I血中放射能と<sup>131</sup>I尿中放射能およびその平均値ならびに標準偏差, さらに照射前に対する平均値の推計学的検討を行なった値を表わしたものである。

上腹部照射群においては Table III に示すごとく, 所定線量照射の各時期における<sup>131</sup>I血中放射能は, 6,000R, 8,000R照射後に減少傾向を示しているが, 推計学的には 6,000R照射後の4時間値に有意の差を認めるのみで, 全体として照射

前に比してことさらの減少はなかつた。<sup>131</sup>I尿中放射能は, 2,000R, 4,000R照射後には照射前に比してほとんど変化はなかつたが, 6,000R, 8,000R照射後にはそれぞれ 12.41±1.33%, 11.24±1.22%で, 照射前に比べて明らかな増加を示し, 推計学的にも有意の差を認めた。

下腹部照射群においては Table IV に示すごとく, 照射前に比して所定線量照射の各時期における<sup>131</sup>I血中放射能はいずれも6, 8時間値に減少の傾向を示したが, 6,000R照射時の8時間値に

Table V. Results of  $^{131}\text{I}$ -Triolein test in the group of 400 R irradiation daily to the upper abdomen.

|  |                              | Total dose (R)       | 0                      | 2000                  | 6000                  | 0                      | 4000                  |
|--|------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Radioactivity of blood (% of administered dose/total blood volume) | 2 hours after administration | Rabbit No. 1         | 4.29                   | 3.78                  | 6.21                  | 5.74                   | 4.94                  |
|  |                              | 2                    | 7.38                   | 5.63                  | 1.88                  | 7.73                   | 3.45                  |
|  |                              | 3                    | 6.70                   | 7.85                  | 4.46                  | 4.25                   | 5.00                  |
|  |                              | 4                    | 7.86                   | 7.71                  | 4.10                  | 5.79                   | 5.25                  |
|  |                              | Mean                 | 6.55                   | 6.24                  | 4.16                  | 5.88                   | 4.66                  |
|  |                              | S.D.                 | $\pm 1.58$             | $\pm 1.87$            | $\pm 1.77$            | $\pm 1.43$             | $\pm 0.81$            |
|  |                              | Statistical analysis |                        | t = 0.528<br>p > 0.05 | t = 1.511<br>p > 0.05 |                        | t = 0.978<br>p > 0.05 |
|  | 4 hours after administration | Rabbit No. 1         | 5.18                   | 4.14                  | 6.41                  | 6.69                   | 5.40                  |
|  |                              | 2                    | 7.66                   | 5.68                  | 3.88                  | 9.49                   | 4.08                  |
|  |                              | 3                    | 6.62                   | 7.00                  | 6.20                  | 6.72                   | 5.26                  |
|  |                              | 4                    | 8.01                   | 9.31                  | 7.67                  | 7.20                   | 6.60                  |
|  |                              | Mean                 | 6.86                   | 6.53                  | 6.04                  | 7.52                   | 5.33                  |
|  | S.D.                         | $\pm 1.27$           | $\pm 2.32$             | $\pm 1.57$            | $\pm 1.33$            | $\pm 1.03$             |                       |
|  | Statistical analysis         |                      | t = 0.495<br>p > 0.05  | t = 0.761<br>p > 0.05 |                       | t = 2.008<br>p > 0.05  |                       |
| 6 hours after administration                                       | Rabbit No. 1                 | 5.25                 | 5.03                   | 7.01                  | 6.48                  | 5.09                   |                       |
|  | 2                            | 6.69                 | 4.64                   | 5.93                  | 10.06                 | 4.71                   |                       |
|  | 3                            | 5.76                 | 6.10                   | 6.58                  | 8.62                  | 5.96                   |                       |
|  | 4                            | 8.18                 | 8.98                   | 7.82                  | 6.72                  | 6.10                   |                       |
|  | Mean                         | 6.47                 | 6.18                   | 6.83                  | 7.97                  | 5.46                   |                       |
|  | S.D.                         | $\pm 1.28$           | $\pm 1.84$             | $\pm 0.79$            | $\pm 1.69$            | $\pm 0.67$             |                       |
|  | Statistical analysis         |                      | t = 0.475<br>p > 0.05  | t = 0.625<br>p > 0.05 |                       | t = 3.073<br>p > 0.05  |                       |
| 8 hours after administration                                       | Rabbit No. 1                 | 5.28                 | 4.86                   | 7.44                  | 5.91                  | 4.47                   |                       |
|  | 2                            | 5.34                 | 3.84                   | 6.62                  | 9.05                  | 4.85                   |                       |
|  | 3                            | 4.95                 | 4.90                   | 7.71                  | 7.70                  | 6.92                   |                       |
|  | 4                            | 8.12                 | 8.64                   | 7.42                  | 6.52                  | 5.90                   |                       |
|  | Mean                         | 5.92                 | 5.56                   | 7.29                  | 7.29                  | 5.58                   |                       |
|  | S.D.                         | $\pm 1.47$           | $\pm 2.11$             | $\pm 0.47$            | $\pm 1.38$            | $\pm 1.04$             |                       |
|  | Statistical analysis         |                      | t = 0.851<br>p > 0.05  | t = 1.814<br>p > 0.05 |                       | t = 2.035<br>p > 0.05  |                       |
| Radioactivity of feces (% of dose)                                 | 72 hours collection          | Rabbit No. 1         | 8.37                   | 11.14                 | 10.19                 | 10.23                  | 13.55                 |
|  |                              | 2                    | 8.28                   | 11.96                 | 14.85                 | 8.80                   | 12.69                 |
|  |                              | 3                    | 9.54                   | 12.15                 | 13.42                 | 9.62                   | 13.26                 |
|  |                              | 4                    | 10.25                  | 13.57                 | 12.86                 | 8.62                   | 12.26                 |
|  | Mean                         | 9.11                 | 12.20                  | 12.83                 | 9.31                  | 12.94                  |                       |
|  | S.D.                         | $\pm 0.95$           | $\pm 1.05$             | $\pm 1.93$            | $\pm 0.47$            | $\pm 0.57$             |                       |
|  | Statistical analysis         |                      | t = 13.781<br>p < 0.01 | t = 3.576<br>p < 0.05 |                       | t = 31.098<br>p < 0.01 |                       |

有意の差を認めるのみで、そのほかは特記すべきほどの変化はなかつた。 $^{131}\text{I}$  尿中放射能は上腹部照射群と同様に 4,000 R 照射後まではさしたるほどの変化はなかつたが、6,000 R、8,000 R 照射後にはそれぞれ  $11.94 \pm 1.73\%$ 、 $12.22 \pm 1.15\%$  を示し、照射前に比べて明らかな増加を認め、有意の差を示した。

以上の成績を通覧すると、200 R 上腹部および下腹部照射群のいずれも、 $^{131}\text{I}$  血中放射能は 6,000 R、8,000 R 照射後に減少の傾向が認めら

れたが、推計学的に有意なほどの明らかな減少を示さなかつた。 $^{131}\text{I}$  尿中放射能は 6,000 R、8,000 R 照射後において両群ともに明らかな増加をきたし、照射前に比して推計学的に有意の差を認められた。

以上の成績から、200 R 照射群では線量のいかんでは消化管脂肪吸収機能が障害されるものと考えられる。

#### b) 400 R 照射群

Table V は上腹部、Table VI は下腹部にいずれ



Table VII. Results of  $^{131}\text{I}$ -Triolein test in the group of 400 R irradiation daily to the lower abdomen.

|  |                              | Total dose (R)            | 0                         | 2000                      | 6000                      | 0                         | 4000  |
|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| Radioactivity of blood (% of administered dose/total blood volume) | 2 hours after administration | Rabbit No. 1              | 3.60                      | 7.88                      | 4.74                      | 7.52                      | 5.31  |
|  |                              | 2                         | 2.50                      | 4.14                      | 4.01                      | 3.86                      | 5.21  |
|  |                              | 3                         | 2.55                      | 4.60                      | 1.22                      | 2.85                      | 5.94  |
|  |                              | 4                         | 6.62                      | 1.70                      | 1.98                      | 8.17                      | 5.18  |
|  | Mean                         | 3.81                      | 4.58                      | 2.98                      | 5.60                      | 5.40                      |       |
|  | S.D.                         | $\pm 2.21$                | $\pm 2.54$                | $\pm 1.56$                | $\pm 2.63$                | $\pm 0.37$                |       |
|  | Statistical analysis         |                           | $t = 0.385$<br>$p > 0.05$ | $t = 0.585$<br>$p > 0.05$ |                           | $t = 0.133$<br>$p > 0.05$ |       |
|  | 4 hours after administration | Rabbit No. 1              | 5.18                      | 8.27                      | 8.24                      | 8.24                      | 7.50  |
|  |                              | 2                         | 5.03                      | 6.74                      | 6.39                      | 4.77                      | 6.85  |
|  |                              | 3                         | 4.91                      | 5.36                      | 2.43                      | 4.39                      | 8.49  |
|  |                              | 4                         | 6.70                      | 3.02                      | 6.15                      | 8.05                      | 8.54  |
|  | Mean                         | 5.45                      | 5.84                      | 5.80                      | 6.36                      | 7.84                      |       |
|  | S.D.                         | $\pm 0.83$                | $\pm 2.22$                | $\pm 2.43$                | $\pm 2.06$                | $\pm 0.81$                |       |
|  | Statistical analysis         |                           | $t = 0.255$<br>$p > 0.05$ | $t = 0.289$<br>$p > 0.05$ |                           | $t = 1.417$<br>$p > 0.05$ |       |
|  | 6 hours after administration | Rabbit No. 1              | 5.43                      | 8.59                      | 8.34                      | 8.16                      | 7.26  |
|  |                              | 2                         | 5.05                      | 7.72                      | 6.72                      | 5.97                      | 8.03  |
| 3  |                              | 5.30                      | 5.33                      | 3.22                      | 5.84                      | 9.00                      |       |
| 4  |                              | 7.61                      | 3.83                      | 7.53                      | 7.61                      | 8.97                      |       |
| Mean   | 5.84                         | 6.26                      | 6.45                      | 6.89                      | 8.31                      |                           |       |
| S.D.   | $\pm 1.18$                   | $\pm 2.18$                | $\pm 2.25$                | $\pm 1.16$                | $\pm 0.81$                |                           |       |
| Statistical analysis   |                              | $t = 0.267$<br>$p > 0.05$ | $t = 0.562$<br>$p > 0.05$ |                           | $t = 1.656$<br>$p > 0.05$ |                           |       |
| 8 hours after administration                                       | Rabbit No. 1                 | 4.98                      | 8.60                      | 7.72                      | 7.92                      | 7.26                      |       |
|  | 2                            | 4.94                      | 7.88                      | 6.71                      | 7.54                      | 8.81                      |       |
|  | 3                            | 5.74                      | 5.25                      | 3.86                      | 7.28                      | 9.21                      |       |
|  | 4                            | 5.94                      | 4.29                      | 7.83                      | 7.15                      | 8.16                      |       |
| Mean   | 5.40                         | 6.50                      | 6.53                      | 7.47                      | 8.35                      |                           |       |
| S.D.   | $\pm 0.51$                   | $\pm 2.06$                | $\pm 1.85$                | $\pm 0.35$                | $\pm 0.84$                |                           |       |
| Statistical analysis   |                              | $t = 0.859$<br>$p > 0.05$ | $t = 1.106$<br>$p > 0.05$ |                           | $t = 1.612$<br>$p > 0.05$ |                           |       |
| Radioactivity of sasaf (% of dose)                                 | 72 hours collection          | Rabbit No. 1              | 7.61                      | 10.89                     | 11.11                     | 8.95                      | 12.13 |
|  |                              | 2                         | 9.04                      | 8.68                      | 10.54                     | 9.91                      | 12.46 |
|  |                              | 3                         | 9.85                      | 9.31                      | 11.51                     | 10.34                     | 13.53 |
|  |                              | 4                         | 8.85                      | 13.42                     | 12.70                     | 9.06                      | 9.56  |
| Mean   | 8.86                         | 10.57                     | 11.46                     | 9.56                      | 11.92                     |                           |       |
| S.D.   | $\pm 1.04$                   | $\pm 2.11$                | $\pm 0.96$                | $\pm 0.72$                | $\pm 1.68$                |                           |       |
| Statistical analysis   |                              | $t = 1.346$<br>$p > 0.05$ | $t = 3.723$<br>$p < 0.05$ |                           | $t = 3.705$<br>$p < 0.05$ |                           |       |

も $10 \times 8$  cmの照射野にて毎日400R宛 Cobalt-60照射を行なった家兎4羽について照射前、2,000R、4,000R、6,000R照射後の $^{131}\text{I}$ 血中放射能と $^{131}\text{I}$ 尿中放射能およびその平均値ならびに標準偏差、さらに照射前に対する平均値の推計学的検討を行なった値を表わしたものである。なお、 $^{131}\text{I}$ -Triolein試験の都合上、線量4,000R照射のものおよび6,000R照射のものに分けて実験を行なった。

ところで、400R照射の本実験では照射期間中

に飼料を摂取しなくなり、下痢をきたして検査を続行することが困難となつた例を認めたが、それらのものは本実験成績から除外した。

上腹部照射群においては Table V に示すごとく、4,000R照射後に $^{131}\text{I}$ 血中放射能は減少の傾向がみられたが、全体として2,000R、4,000R、6,000R照射後ともに照射前に比して有意の差を認めるほどの変化はなかつた。 $^{131}\text{I}$ 尿中放射能は2,000R、4,000R、6,000Rの所定線量照射後それぞれ $12.20 \pm 1.05\%$ 、 $12.94 \pm 0.57\%$ 、

12.83±1.93%の排泄率が認められ、いずれにおいても照射前に比して増加を示し、推計学的に有意の差を認めた。

下腹部照射群においては Table VI に示すごとく、<sup>131</sup>I 血中放射能は 2, 4, 6, 8 時間の各時間値ともに各所定線量照射後では、照射前に比べて有意の差を認めるほどの変化はなかつた。<sup>131</sup>I 尿中放射能は 2,000R 照射後ではある程度の増加を示しているが、パラツキが多く、推計学的に有意の差は認められなかつた。4,000R, 6,000R 照射後においてはそれぞれ 11.92±1.68%, 11.46±0.96%とその排泄率は増加し、推計学的にも照射前に比して有意の差を認めた。

以上の成績を通覧すると、400R 上腹部および下腹部照射群のいずれも、所定線量照射の各時期における <sup>131</sup>I 血中放射能は照射前に比して、推計学的に有意の差を認めるほどの変化はなかつた。<sup>131</sup>I 尿中放射能は所定線量照射の各時期を通じて

増加を示し、下腹部 2,000R 照射後においてのみ推計学的に有意の差が認められなかつたが、ほかの所定線量照射時ではいずれも有意の差を認め、消化管脂肪吸収機能の低下がうかがわれた。

C. 体重の変動および一般状態

a) 200R 照射群

Table VII は上腹部および下腹部照射群における体重の変動を示したものである。

上腹部照射群では照射期間中 4 羽のうち 3 羽は体重が漸次増加し、6,000R 照射時に体重はピークに達し、その後減少傾向を示した。4 羽のなかには時々飼料を残すものもあつたが、一般に所定量の飼料をほとんど摂取して、8,000R 照射時までの期間中に下痢などを生じたものは認められなかつた。

下腹部照射群では上腹部照射群とほぼ同様の増減を示した。すなわち、4 羽とも体重は漸次増加し、6,000R 照射時に体重はピークに達しているが、その後の体重減少はさほど認められず、4 羽とも飼料を残すものはほとんどなく、8,000R 照射時まで下痢などは認められなかつた。

b) 400R 照射群

Table VIII は上腹部および下腹部照射群における体重の変動を示したものである。

Table VII. Variation in the body weights(Kg) in the group of 400 R irradiation daily. Group of irradiation to the upper abdomen.

|                    | Dose(R) | No.  |      |      |      |       |       |
|--------------------|---------|------|------|------|------|-------|-------|
|                    |         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     |
| 6000 R irradiation | 0       | 2.45 | 2.40 | 2.40 | 2.45 | 2.45  | 2.38  |
|                    | 2000    | 2.40 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.50  | 2.40  |
|                    | 4000    | 2.45 | 2.50 | 2.55 | 2.60 | 2.35* | 1.80* |
|                    | 6000    | 2.50 | 2.45 | 2.50 | 2.50 | 1.95* | —     |
| 400R irradiation   | 0       | 2.15 | 2.45 | 2.35 | 2.35 | 2.35  | 2.50  |
|                    | 2000    | 2.25 | 2.45 | 2.45 | 2.40 | 2.25* | 2.45  |
|                    | 4000    | 2.25 | 2.45 | 2.40 | 2.40 | 2.05* | 2.20* |

\* The reduction in food intake and diarrhoe.

Group of irradiation to the lower abdomen.

|                    | Dose(R) | No.  |      |      |      |       |
|--------------------|---------|------|------|------|------|-------|
|                    |         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     |
| 600 R irradiation  | 0       | 2.40 | 2.35 | 2.30 | 2.45 | 2.20  |
|                    | 2000    | 2.30 | 2.45 | 2.40 | 2.55 | 2.35  |
|                    | 4000    | 2.55 | 2.50 | 2.55 | 2.50 | 2.10* |
|                    | 6000    | 2.55 | 2.50 | 2.55 | 2.45 | 2.00* |
| 4000 R irradiation | 0       | 2.45 | 2.35 | 2.50 | 2.45 |       |
|                    | 2000    | 2.50 | 2.20 | 2.55 | 2.45 |       |
|                    | 4000    | 2.45 | 2.35 | 2.50 | 2.45 |       |

\* The reduction in food intake and diarrhoe.

Table VII. Variation in the body weights(Kg) in the groups of 200R irradiation daily. Group of irradiation to the upper abdomen.

| Dose (R) | No.  |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
|          | 1    | 2    | 3    | 4    |
| 0        | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.40 |
| 2000     | 2.30 | 2.10 | 2.35 | 2.55 |
| 4000     | 2.60 | 2.20 | 2.50 | 2.70 |
| 6000     | 2.85 | 2.20 | 2.65 | 2.80 |
| 8000     | 2.70 | 2.10 | 2.50 | 2.75 |

Group of irradiation to the lower abdomen.

| Dose (R) | No.  |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
|          | 1    | 2    | 3    | 4    |
| 0        | 2.40 | 2.15 | 2.35 | 2.15 |
| 2000     | 2.55 | 2.25 | 2.40 | 2.25 |
| 4000     | 2.70 | 2.45 | 2.55 | 2.45 |
| 6000     | 2.75 | 2.65 | 2.65 | 2.65 |
| 8000     | 2.65 | 2.65 | 2.60 | 2.65 |

上腹部 6,000R 照射を行なったものにおける体重はあまり増加が認められず、6羽中の2羽は照射途中にて飼料を摂取しなくなり、下痢をきたし、No. 6は死亡した。よつて、この2羽は実験から除外した。そのほかの4羽は下痢は認められなかつたが、照射線量 4,000R頃から飼料を充分摂取しなくなつた。

上腹部 4,000R 照射を行なったものにおいても、6羽中の2羽は照射途中において飼料を摂取しなくなり、下痢をきたしたので実験から除外した。そのほかの4羽は照射期間中に、体重の増加はほとんどなく、飼料をわずかに残すものが認められた。

下腹部 6,000R 照射を行なったものにおいては、5羽中の1羽が照射途中において飼料を摂取しなくなつたので、実験から除外した。そのほかの4羽は照射期間中の体重増加はあまり認められなかつたが、著しく飼料を残すものや、下痢をきたすものはなかつた。

下腹部 4,000R 照射を行なったものにおいては、照射期間中に体重の著明な変動はなく、著しく飼料を残すものや、下痢をきたすものは認められなかつた。

以上の成績から、400R 照射群では 200R 照射

群に比して体重増加はあまりなく、一般状態は照射により著しく影響をうけることが明らかであつた。

D. 血清トランスアミナーゼ活性値

200R および 400R 照射群の SGOT, SGPT の値は Table IX に示すとおりである。

200R 照射群では、所定線量照射各時期における SGOT, SGPT の値は照射前に比してことさらの変化は認められなかつた。

400R 照射群でも、所定線量照射各時期における SGOT, SGPT の値は照射前に比べてさしたるほどの変動は認められなかつた。なお、この群の1羽は照射の途中で下痢を起こして死亡した。

IV 総括考按

著者は <sup>131</sup>I-Triolein を用いて家兎の腹部に Cobalt-60 分割照射を行ない、消化管吸収機能に及ぼす影響について検索したので、以下その実験成績を総括し、若干の考按を試みることにする。

予備実験として健康家兎に <sup>131</sup>I-Triolein を投与し、<sup>131</sup>I 血中放射能の時間的推移を検討し、何時間目まで採血すべきかを知るために投与後 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14時間目まで経時的に採血し、<sup>131</sup>I 血中放射能を測定した結果、8時間値が最高の山を示すことを知つた。したがつて本実験では、採血は試験食投与後 2, 4, 6, 8時間目に行なうことに決めた。なお、尿は最初の3日間と 4~5日目の2日間に分けて採集したものについて、<sup>131</sup>I 放射能を測定した結果、最初の3日間で<sup>131</sup>I 尿中放射能の大部分が排泄されることがわかつたので、本実験では尿の採集は3日間行なうことに決めた。

次に <sup>131</sup>I-Triolein 試験を行なった照射前の正常家兎を含めた正常家兎20羽について、<sup>131</sup>I 血中放射能の消長を検討した結果をまとめると、6時間値が  $7.15 \pm 1.95\%$  を示し、最高の山が認められたが、8時間値もこれとあまり大差はなかつた。試験食投与後3日間の <sup>131</sup>I 尿中放射能の平均値は  $8.56 \pm 1.10\%$  であつた。

以上、正常家兎における <sup>131</sup>I-Triolein 試験の成績を正常人体のそれと比較すると、<sup>131</sup>I 血中放射

Table IX. Serum transaminase values  
Group of 200R irradiation daily.

| Total dose (R) |       | 0  | 2000 | 4000 | 6000 | 8000 |
|----------------|-------|----|------|------|------|------|
| SGOT<br>(unit) | No. 1 | 24 | 26   | 20   | 26   | 23   |
|                | 2     | 16 | 14   | 32   | 22   | 16   |
|                | 3     | 31 | 20   | 32   | 32   | 13   |
| SGPT<br>(unit) | No. 1 | 31 | 22   | 26   | 33   | 27   |
|                | 2     | 30 | 17   | 52   | 35   | 25   |
|                | 3     | 47 | 26   | 30   | 45   | 30   |

Group of 400 R irradiation daily

| Total dose (R) |       | 0  | 2000 | 4000 | 6000 |
|----------------|-------|----|------|------|------|
| SGOT<br>(unit) | No. 1 | 35 | 15   | 20   | —    |
|                | 2     | 23 | 26   | 15   | 33   |
|                | 3     | 23 | 23   | 29   | 46   |
| SGPT<br>(unit) | No. 1 | 28 | 20   | 21   | —    |
|                | 2     | 28 | 23   | 22   | 47   |
|                | 3     | 15 | 17   | 20   | 41   |

能および<sup>131</sup>I 尿中放射能は人体では前者が10%、後者が大体5%以下とされており、<sup>131</sup>I 血中放射能は家兎の方が下廻り、<sup>131</sup>I 尿中放射能は人体の方が下廻りしていることがうかがわれる。

家兎を上腹部および下腹部 200R照射の2群に分け、ともに10×8cmの照射野で毎日200R宛Cobalt-60分割照射を行ない、2,000R、4,000R、6,000R、8,000R照射後の各時期に<sup>131</sup>I-Triloein試験を行ない、<sup>131</sup>I 血中放射能の推移をみると、いずれの照射時期においても推計学的に有意の差を認めるほどの低減は認められなかつた。<sup>131</sup>I 尿中放射能は両群ともに2,000R、4,000R照射後において、照射前に比べて変化は認められなかつたが、6,000R、8,000R照射後においては、その放射能は増加を示し、推計学的に有意の差を認めた。

毎日400R宛照射を行なつた群における<sup>131</sup>I 血中放射能の推移は、上腹部、下腹部の両群ともに6,000R照射後でも、有意の差を認めるほどの変化はなかつた。<sup>131</sup>I 尿中放射能は上腹部照射群においては、2,000R、4,000R、6,000R照射後のいずれの時期にも照射前に比べて増加を示し、推計学的にも有意の差を認めた。下腹部照射群においては、2,000R照射後に増加を示してはいるが、有意の差を認めるほどの変化ではなかつた。線量が増加して4,000R、6,000R照射後では明らかに増加を示し、有意の差が認められた。

照射期間中の体重の変動や一般状態を検討してみると、200R照射群においては上腹部、下腹部の両群ともに体重は漸次増加し、6,000R照射時においてピークに達し、その後は減少傾向が認められた。400R照射群においては、照射期間が短いという点はあるが、体重の増加はほとんどなく、逆に飼料を充分摂取せず下痢を起こして死亡するような例も認められ、とくに上腹部照射群においてその傾向が強いようであつた。

以上の成績から、Cobalt-60による家兎腹部分割照射の消化管脂肪吸収機能に及ぼす影響については、200R照射群では、上腹部、下腹部照射群のいずれも線量4,000Rまでは脂肪吸収障害をきたさないが、それ以上の線量では障害をきたすこ

とがうかがわれ、400R照射群では、線量2,000Rではやくも脂肪吸収障害をきたすことが推考される。上腹部および下腹部の両照射群との間には、吸収障害の程度にほとんど差異が認められないが、家兎の小腸の腹腔内での解剖学上の位置的關係を考慮すれば自明のことと思われる。しかし、被照射臓器の關係から、上腹部照射群における一般状態への影響(放射線宿酔)が強く現われるのは、われわれの臨床的経験と相まつて当然のこととみなされる。放射線宿酔のことについては、著者の研究目的からそれるのでこの点については触れないことにする。なお、200R照射群と400R照射群とを比較検討すれば、後者では食思不振、下痢などの副作用が強く、照射の続行が困難な例がみられた。したがつて400R照射群では照射線量はやむをえず6,000Rにとどめたわけである。

放射線に対する肝臓の感受性は一般に低いといわれているが、上腹部照射群では照射線維に肝の一部分が含まれる考算が大きく、線量のいかんによつては肝障害を起こし、脂肪吸収に影響を及ぼす一因となるとも考えられる。家兎の500R全身照射により血清トランスアミナーゼ活性値の増加をきたすとの戸田ら<sup>27)</sup>の報告は、肝臓が放射線によつて影響をうけることを示唆するものである。

著者は家兎上腹部に毎日200Rおよび400Rの照射を行ない、肝臓機能に及ぼす影響の有無を検討するために、血清トランスアミナーゼ活性値の変動を指標として検討を行なつた結果、SGOT、SGPTの両値ともに照射前に比べてことさらの変化は認められなかつた。かりに肝臓組織の一部分が障害されても正常組織が代償的に働き、肝機能検査の結果の上では異常を示さないといわれており、著者の上腹部照射群で肝機能の正常であつたことは同一の代償的作用によるものとも解される。もとより血清トランスアミナーゼ活性値の異常のみが肝機能障害の全貌を表わすものではないが、少なくとも本実験で肝臓の変化が脂肪吸収障害に関与しているものでないことは明らかであると思われる。

ひるがえつて、1949年StanlyとThannhauser<sup>28)</sup>

が $^{131}\text{I}$ で標識したオリーブ油をトレーサとして消化管の脂肪吸収に関する研究を行ない、さらに1955年 Baylinら<sup>39)</sup>により $^{131}\text{I}$ -Trioleinを使用する消化管の脂肪吸収をうかがう簡単な方法が開発されて以来、 $^{131}\text{I}$ -Triolein試験は消化管の脂肪吸収状態を知るのに有用な方法として、臨床的に繁用されるに至っている。本検査法としては初め Emulsion法による検査が行なわれていたが、最近では Capsule法による検査が操作が簡便であるために一般化されている。Capsule法では Cold mealを投与するか否かについては若干の問題があるが、Grossman<sup>40)</sup>の説に従えば、Cold mealは不要であるといわれており、著者も実験対象が家兎であるので、とくにその必要はないものと考えて、Cold mealは使用しなかつた。本実験においては、試験食投与後 $^{131}\text{I}$ 血中放射能および尿中放射能を同時に測定し、脂肪吸収の様態を調べたが、本実験成績では、 $^{131}\text{I}$ 血中放射能は照射線量によって減少の傾向にあるが、推計学的に有意の差を示すほどの変化はなく、 $^{131}\text{I}$ 尿中放射能の変化のみを認め、両者の間に逆相関関係は認められなかつた。 $^{131}\text{I}$ 血中放射能と尿中放射能との逆相関関係の有無については異論があるが<sup>39)40)41)42)43)44)</sup>、著者の研究目的からそれるのでその点については言及しないことにする。ともあれ、一般に $^{131}\text{I}$ 尿中放射能は脂肪の Balance studyとの間に比較的相関関係があり、診断的価値が認められている。したがって、著者は主として $^{131}\text{I}$ 尿中放射能の変動を指標として本実験成績を検討した。

一方 $^{131}\text{I}$ 血中放射能の推移について再吟味するに、本実験では $^{131}\text{I}$ 尿中放射能の明らかな増加をきたしたのに反して、 $^{131}\text{I}$ 血中放射能は減少傾向を示したにすぎなかつたが、これは家兎の腹部局所に対する200~400R連続照射の胃排泄時間の遅延などの消化管運動機能への影響、 $^{131}\text{I}$ 血中放射能算出上の問題、例えば全血液量は体重の5%として計算したが、照射期間中における体重の変動、照射による循環血液量の変化などの諸因子の影響が $^{131}\text{I}$ 血中放射能への変動に関与しているものとも推考される。

諸家の報告に照すと、消化管に及ぼす放射線の影響として病理組織学的な変化のほか、胃の運動障害、すなわち、胃排泄時間の遅延あるいは腸の緊張、運動の変化などが挙げられるが、これらの生理的異常現象が消化管吸収に関与する因子となり得ることも考えられる。前述のように、放射線の消化管吸収機能に及ぼす影響に関する文献は本邦にはあまり見当たらないようであるが、海外にはかなりの報告がみられる。ともあれ、諸家の報告に照して明らかなごとく、照射線量の差こそあれ、放射線によつてある程度の消化管吸収機能の障害が招来されることも想像に難くない。しかし、上述の諸家の実験成績のほとんど全部は一回大量照射後の動物(犬、ラット、マウスなど)における消化吸収の様態についての検索であり、臨床上の応用にはほど遠いうらみがある。

著者は $^{131}\text{I}$ -Trioleinを用い、家兎の腹部分割照射による消化管の脂肪吸収の様態について検討するのを目的としたもので、上述の諸家の報告とは照射方法に根本的な差異があり、趣を異にし、臨床上の応用ともかなりの関連性があるものである。著者の実験成績では胃排泄時間の遅延などの因子が関与するとしても、線量のいかんでは $^{131}\text{I}$ の尿中排泄率が増大している点からみると、脂肪の消化吸収障害の発現は明らかであることがうかがわれる。本実験では被検動物は家兎を用いており、Cobalt-60照射による消化管脂肪吸収障害を直ちに臨床面に当てはめて論ずるのはいささか早計ではあるが、本実験成績は連続分割照射によるものであるから、Cobalt-60の下腹部照射により消化管脂肪吸収障害を認めているReeves<sup>35)</sup>の報告を裏付けるものである。照射の方法にもよるが、ReevesのCobalt-60照射の成績では、3週2,000R照射時にもつとも強い障害があると述べられており、人体においてはそれ以上の線量では消化管の耐性が獲得されて障害の軽減される結果によるものであろうか。しかし、Reevesの報告は下腹部照射によるもので、照射線量、照射部位により放射線の影響の程度が異なることはわれわれの臨床的経験に照して明らかであるが、さきに述べたごとく、著者の動物実験からわかるように、

400R照射群では200R照射群より消化管脂肪吸収障害が早期に現われ、腹部における放射線治療上なんらかの参考方針を教えるものであることを示唆している。

ともあれ、家兎と人体では、放射線による生物学的作用も放射線感受性、容積線量などの諸因子により左右されるから、放射線の影響を比較検討する場合にはよほどの慎重を期せねばならないのはいまさら論ずるまでもない。

### V 結 論

家兎腹部に Cobalt-60分割照射を行ない、放射線の消化管吸収機能に及ぼす影響について、 $^{131}\text{I}$ -Triolein を使用しての実験的研究を行ない、次の成績を得た。

1. 毎日200R照射群においては、上腹部および下腹部照射の両群ともに $^{131}\text{I}$ 血中放射能は2,000R, 4,000R, 6,000R, 8,000Rの所定線量照射の各時期を通じて照射前に比べてさほどの減少はみられなかつた。これに反して、 $^{131}\text{I}$ 尿中放射能は線量4,000R照射後までは照射前に比べてさほどの変化は認められなかつたが、線量が増加して6,000R, 8,000R照射後では、いずれも明らかな増加をきたし、脂肪吸収機能の障害がうかがわれた。

2. 毎日400R照射群においては、上腹部および下腹部照射の両群ともに $^{131}\text{I}$ 血中放射能は200R照射群の場合と同様に、2,000R, 4,000R, 6,000Rの所定線量照射の各時期を通じて照射前に比べてさほどの減少はみられなかつた。これに反して、 $^{131}\text{I}$ 尿中放射能は上腹部照射群においては、2,000R, 4,000R, 6,000Rの所定線量照射の各時期を通じて明らかな増加をきたし、下腹部照射群においては、4,000R, 6,000R照射後に明らかな増加がみられ、脂肪吸収機能の障害がうかがわれた。

本論文の要旨は第2回九州核医学研究会および第13回日本消化器病学会九州地方会に於て発表した。

稿を終るにあたり、御指導並びに御校閲を賜った恩師片山健志教授に深甚なる謝意を捧げます。また種々御援助を戴いた教室員一同に深謝致します。

### 文 献

- 1) Walsh, D.: Deep Tissue Traumatism from Roentgen Ray Exposure. Brit. M.J. 2 : 272, 1897.
- 2) Warren, S.L. and Whipple, G.H.: Roentgen Ray Intoxication. J. Exper. Med. 35 : 187, 1922.
- 3) Warren, S.L. and Whipple, G.H.: Roentgen Ray Intoxication. J. Exper. Med. 38 : 713, 1923.
- 4) Martin, C.L., and Rogers, F.T.: Intestinal Reaction to Erythema Dose. Am. J. Roentgenol. 10 : 11, 1923.
- 5) Buchwald, K.W.: The Influence of X-ray Lesions of Intestinal Mucosa on Absorption of Glucose and other Sugars. J. Exper. Med. 53 : 827, 1931.
- 6) Bloom, W. and Bloom, M.A.: Histological Changes after Irradiation, in Radiation Biology, A. Hollaender, ed., McGraw-Hill Book Company, Vol. 1, Part, Chap. 17, 1954.
- 7) Montagna, W., and Wilson, J.W.: Cytologic Study of Intestinal Epithelium of Mouse after Total Body X-Irradiation. J. Nat. Cancer Inst. 15 : 1703, 1955.
- 8) Quasther, H.: The Nature of Intestinal Radiation Death. Radiation Res. 4 : 303, 1956.
- 9) Senn, A., and Lundsgard-Hansen, P.: Diagnose und Therapie der Bestrahlungsschaden am Gastrointestinaltrakt. Schweiz. Med. Wochen. 86 : 1015, 1956.
- 10) Ellinger, F.: Effects of Ionizing Radiation on the Digestive Tract, in Medical Radiation Biology, Charles C Thomas, Springfield, Chap. 19, 1957.
- 11) 赤松雅子: X線照射の消化管に及ぼす影響. 原著広島医学. 7 : 1117, 1959.
- 12) Tori, G. and Gasbarrini, G.: Alterations of the Microscopic Structure of the Human Intestinal Mucosa Irradiated by Means of Small Doses of X-Rays. Radiol. Clin. 32 : 47, 1963.
- 13) 広瀬文男: 急性放射線消化管障害, 日病会誌, 55 : (補) 414, 1966.
- 14) Andersen and Kohlmann.: Roentgenstrahlen und Mineralstoffwechsel. Fortschr. Rontgen. 30 : 102, 1923.
- 15) Toyama, T.: Uber die Wirkung der Rontgenstrahlen auf die Darmbewegungen des Kaninches. Tohoku. J. Exper. Med. 22 : 195, 1923.
- 16) Swann, M.B.R.: Study of Immediate Effects of X-Rays on Functions of Certain Tissues

- and Organs. Brit. J. Radiol. 39 : 195, 1924.
- 17) Ely, J.O., and Ross, M.H.: Neutron Effects on Animals, p. 142 the Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1947.
  - 18) Conard, R.A.: Effect of X-Irradiation on Intestinal Motility of the Rat. Am. J. Physiol. 165 : 375, 1951.
  - 19) Conard, R.A.: Some Effects of Ionizing Radiation on the Physiology of the Gastrointestinal Tract: A Review. Radiation. Res. 5: 167, 1956.
  - 20) Wallace, W.S.: The Intestine in Radiation Sickness. J.A.M.A. 116 : 583, 1941.
  - 21) Goodman, R.D., Lewis, A.E., and Schuck, E.A.: Effects of X-Irradiation on Gastrointestinal Transit and Absorption Availability. Am. J. Physiol. 169 : 242, 1952.
  - 22) Swift, M.N., Takata, S.T., and Bond, V.P.: Delayed Gastric Emptying in Rats after Whole and Partial-Body X-Irradiation. Am. J. Physiol. 182 : 479, 1955.
  - 23) 大野浩治 : X線照射の消化管機能に及ぼす影響, 原著広島医学, 8 : 3133, 1960.
  - 24) Barron, E.S.G., Wolkowitz, W., and Muntz, J.A.: The Effect of X-Rays on the Metabolism of Small Intestine and Its Permeability to Glucose. Atomic Energy Commission Document MDDC-1241, 1947.
  - 25) Detrick, L.E., Upham, H.C., et al.: Influence of X-Ray Irradiation on Glucose Transport in the Rat Intestine. Radiation. Res. 2 : 485, 1955.
  - 26) Moss, W.T.: The Effect of Irradiation the Exteriorized Small Bowel on Sugar Absorption. Am. J. Roentgenol. 78 : 850, 1957.
  - 27) Farrar, J.T., Small, M.D., et al.: Effect of Totalbody Irradiation on Absorption of Sugars from the Small Intestine. Am. J. Physiol. 186 : 549, 1957.
  - 28) Shishova, O.A.: The Effect of Ionizing Radiation, Adrenalectomy, and Cortisone Treatment on the Intestinal Absorption of Amino Acids. Biokhimiya (Moscow) 24 : 812, 1959.
  - 29) Schwartz, E.E., and Shapiro, B.: Radiation-induced Changes in the Gastrointestinal Function of Mice and their Brevention by Chemical Means. Radiology. 77 : 83, 1961.
  - 30) Bennet, L.R., Bennet, V.C., et al.: Absorption and Distribution of Vitamin A in X-Irradiation Rats. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 74 : 439, 1950.
  - 31) Martin, C.L., and Rogers, F.T.: Roentgen-ray Cachexia. Am. J. Roentgenol. 11 : 210, 1924.
  - 32) Mead, J.F., Decker, A.B., and Benett, L.R.: Effect of X-Irradiation upon Fat Absorption in Mouse. J. Nutrition. 43 : 485, 1951.
  - 33) Nagy, J.E., and Elekes, I.: Fat-absorption Analysis in Experimental Animals Showing Radiation Syndrome Radiology, 87 : 922, 1966.
  - 34) Reeves, R.J., Sanders, A.P., et al.: Fat Absorption from the Human Gastrointestinal Tract in Patients Undergoing Radiation Therapy. Radiology. 73 : 398, 1959.
  - 35) Reeves, R.J., Sanders, A.P., et al.: Fat Absorption from the Human Gastrointestinal Tract in Patients Undergoing Teletherapy. Am. J. Roentgenol. 89 : 122, 1963.
  - 36) 安東浜次, 田嶋嘉雄 : 動物実験法, 朝倉書店, 1956, より引用.
  - 37) 戸田宏, 足沢輝夫 : レ線照射の血清トランスアミナーゼに及ぼす影響. 日本医放会誌, 27 : 617, 1967.
  - 38) Stanly, M.M., and Thannhauser, S.J.: The Absorption and Disposition of orally Administered <sup>131</sup>I-labelled Neutral Fat in Man. J. Laborat. Clin. Med. 34 : 1634, 1967.
  - 39) Baylin, G.J., Sanders, A.P., et al.: <sup>131</sup>I Blood Levels Correlated with Gastric Emptying Determined Radiographically: Fat Test Meal. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 89 : 54, 1955.
  - 40) Grossman, M.I. and Jordan, P.H.: The Radio-iodinated Triolein Test for Steatorrhea. Gastroenterol. 34 : 892, 1958.
  - 41) Sanders, A.P., Isley, J.K., et al.: Radioiodine Recovery in Feces Following an <sup>131</sup>I Labeled Fat Test Meal. Am. J. Roentgenol. 75 : 385, 1956.
  - 42) Isley, J.K., Sanders, A.P., et al.: A Modification of the <sup>131</sup>I-Triolein Test of Fat Absorption Utilizing a Capsule Test Meal. Gastroenterol. 35 : 482, 1958.
  - 43) McKenna, R.D., Bourne, R.H. and Matzko, A.: The Use of <sup>131</sup>I-labeled Fat in the Study of Fat digestion and Absorption in Normal Individuals and in Patients with Diseases of Fat Absorption. Gastroenterol. 32 : 17, 1957.
  - 44) 増田正典, 細田四郎, 他 : 放射性ヨード標識脂肪酸による消化吸収試験. 日本臨床, 23 : 763, 1965.