



Title	ウサギの脳の自発電気活動および誘発電位におよぼす放射線の影響 2. 海馬電気活動におよぼすX線の影響 (特に周波数分析による)
Author(s)	南沢, 武; 土屋, 武彦; 江藤, 秀雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1967, 27(9), p. 1243-1249
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17513">https://hdl.handle.net/11094/17513</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# ウサギの脳の自発電気活動および誘発電位に およぼす放射線の影響

## 2. 海馬自発電気活動におよぼす X 線の影響 (特に周波数分析による)

放射線医学総合研究所 障害基礎研究部

南 沢 武 土屋 武彦 江藤 秀雄

(昭和42年3月25日受付)

The Effects of Ionizing Radiation on the Spontaneous and Evoked Brain Electrical Activity in Rabbits.

### 2. The Effects of X-Rays on the Hippocampal Spontaneous Electrical Activity

By

Takeru Minamisawa, Takehiko Tsuchiya and Hideo Eto

Division of Radiation Hazards, National Institute of Radiological Sciences

The effects of X-rays on the hippocampal spontaneous electrical activity as was analyzed at  $\delta_2$  (1-2 c/sec),  $\delta_1$  (2-4 c/sec),  $\theta$  (4-8 c/sec),  $\alpha$  (8-13 c/sec),  $\beta_1$  (13-20 c/sec),  $\beta_2$  (20-30 c/sec) and  $\beta_3$  (30-60 c/sec) waves by means of frequency analyzer were studied in rabbits, which were subjected to 1,000 R on whole body irradiation.

The potential of these waves except  $\theta$  and  $\beta_3$  decreased considerably immediately after irradiation, increased gradually in the next hour and then showed a tendency to return to control level. From the fourth hour these began abruptly to decrease again, up to about the twenty-first hour with a little variation. And then these potentials increased again and at the twenty-third hour they showed a tendency to return to control level.

The potential of  $\theta$  wave decreased during the first hour after irradiation and this decreased value lasted with a little variation up to the twenty-third hour.

From the above results, it is considered that the hippocampal spontaneous electrical activity decreased after whole body X-irradiation.

### 1. 緒 言

最近、電気生理学的方法を用いることにより、中枢神経系が電離放射線に対して比較的感受性の高い器官であること、ならびにその部位により放射線感受性の異なることが知られてきている。しかし、同一の部位に関しても、研究者により問題とする放射線量は異なり、海馬では数Rないし数

千Rの広範囲にわたり相異のあることが報告されている。すなわち、C.F. Sams, R.B. Aird, G.D. Adams と G.L. Ellman (1964)<sup>10)</sup> は頭部に 1 R ないしは 100 R の X 線を照射されたイヌの海馬の自発電気活動の波が一時高振幅になることを、M. Etienne と J.M. Posternak (1962)<sup>11)</sup> は 400 R ないし 1,200 R の  $\gamma$  線照射後のネコの脳波が低頻

度高振巾になることを、また、M. Monnier と P. Krupp (1962)<sup>8)</sup>は 400R ないし 900R の  $\gamma$ 線照射後のウサギの脳波の変化の様相がその線量により異なることを報告している。さらに M. Monnier と P. Krupp<sup>8)</sup> (1962) および R.L. Schoenbrun, E. Compeau. と W.R. Adey (1964)<sup>14)</sup>はウサギとネコを用いての研究で 300R ないし 20,000R の放射線照射後その海馬の自発電気活動の規則的な波が増加するとのべている。これに対して、H. Gangloff (1964)<sup>8)</sup>は 1,000R の X線を照射されたウサギの海馬の 4~8 c/s の周波の波はほとんど変化しないと報告している。同一の方法を用いても、このように脳の自発電気活動への放射線の影響については、研究者によりその解釈が異なっている。これは、一つには実験条件が異なること、また一つには自発電気活動の解析が困難であることが原因になつていられる。従つて同一条件下での実験結果について種々の方法で詳細に解析することが望ましい。

筆者等は前報 (1964)<sup>6)</sup>においてはウサギの海馬の自発電気活動の波を睡眠パターンと覚醒パターンに二分別し、放射線照射後におけるこれらの出現頻度について検討した。今回は同一条件下の実験において、この波を脳波分析器を用いて解析した結果について報告する。

## 2. 材料および方法

本研究所で自繁した白色在来種のウサギ(体重、約 2.5kg, 約 6カ月令)を、Nembutal (0.5 mg/kg) 麻酔下で脳定位固定装置に固定し、記録用電極を挿入し、それを歯科用セメントで固定した。M. Monnier と H. Gangloff (1961)<sup>7)</sup>の脳図に従い、大脳皮質の左右の体性知覚領、運動領および視覚領に各一對の銀球電極(径、1.0mm)を、また左右の背側海馬にステンレス針電極(径、0.2mm)を埋没した。脳波計(日本光電工業 K.K 製、ME-40D型)を用い、これらの部位からの自発電気活動の波を単極誘導法で記録し、同時に脳波分析器(日本光電工業 K.K 製、MAF-3型)により分析を行なつた。脳波の分析はヒトについてよく研究され、一般に  $\delta_2$  (1~2 c/s),  $\delta_1$  (2~4 c/s),  $\theta$  (4~8 c/s),  $\alpha$  (8~13c/s),  $\beta_1$  (13~

20c/s),  $\beta_2$  (20~30c/s) と  $\beta_3$  (30~60c/s) の七帯域の周波に分類する方法が採用されている。しかし、動物の脳の自発電気活動の分析に関する研究は極めて少ない。ヒトの脳波と動物の脳波を同一の周波数帯域に分類することには種々問題があると思われるが、互に或る程度類似していることからウサギの海馬の自発電気活動の波を上記のヒトの脳波の分析方法に従い、(1~2 c/s), (2~4 c/s), (4~8 c/s), (8~13c/s), (13~20c/s), (20~30c/s) と (30~60c/s) の七帯域の周波に分類し、それぞれを  $\delta_2$ ,  $\delta_1$ ,  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  と  $\beta_3$  波と命名した。そして、これらの七帯域の周波のそれぞれの各10秒間の積分値を全身 1,000 R の X線照射 3時間前から照射 24時間後にわたり連続記録し、そのおのおのを測定した。また、各七帯域の大きさを加算し、その総和をも求めた。これらの記録および X線照射はアクリル製の特殊な拘束箱にウサギを入れて行つた。

### X線照射条件

全身、1,000 R

管電圧、200kVp, 管電流 20mA

フィルター、0.5mmAl + 1.0mmCu

焦点表面距離 70cm

線量率、約 40R/min.

## 3. 結果

ウサギの海馬から記録される自発電気活動の波を前述の方法で分析すると、 $\delta_2$ ,  $\delta_1$  と  $\theta$  波の電位はかなりの変動を示すが、 $\alpha$  と  $\beta_1$  のそれは少なく、 $\beta_2$  と  $\beta_3$  はほとんど変化しない。また総和に対するそれぞれの波の割合もその時によつて異なつてはいるが、一般に  $\theta$  波が最も大きく約 30% を占めている。二つの  $\delta$  と  $\alpha$  波はほぼ等しく約 15% である (Figs 1 and 4)。

X線照射直後、 $\theta$  波のみはわずかに増加するが、その他の波はいずれも減少する。 $\delta_2$  と  $\delta_1$  波の減少は著しい。その後  $\delta_2$ ,  $\delta_1$ ,  $\alpha$ ,  $\beta_1$  と  $\beta_2$  の五つの波は照射前の値に近づく傾向を示し、3時間後まではほとんど変化なくこの値が持続する。しかし、 $\theta$  と  $\beta_3$  波のこの時期の値は減少している。4, 5, 6……と時間が経過するにつれて、すべての波が減少する傾向を示し、約 7時間後か

Fig. 1. The sum total of the potential of 7 waves per each 10 seconds before and after 1,000R of whole body X-irradiation. Three points in vertical line indicate  $150\mu\text{v}/10\text{sec}$ ,  $100\mu\text{v}/10\text{sec}$  and  $50\mu\text{v}/10\text{sec}$ , respectively. R: Irradiation.

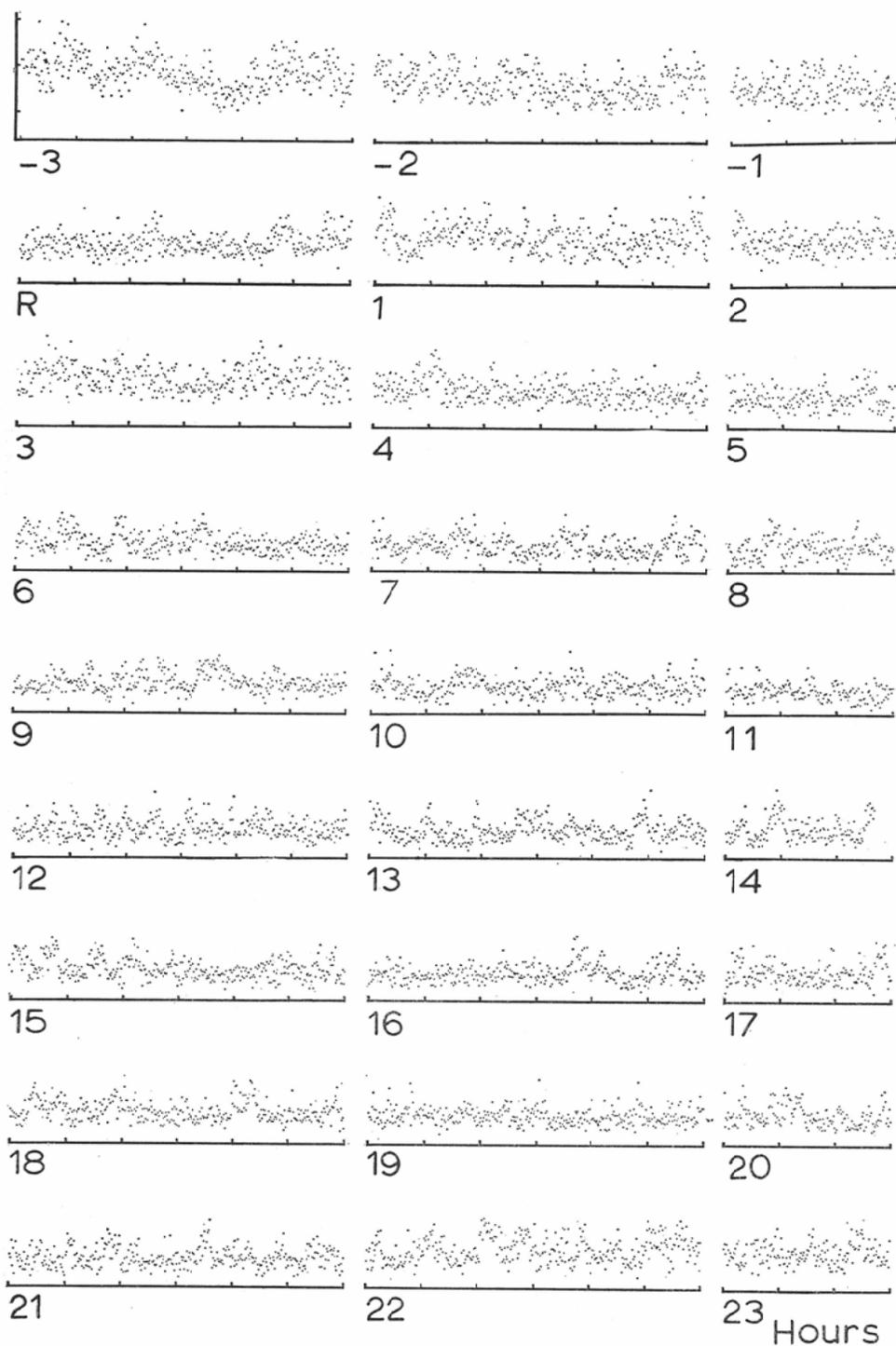


Fig. 2. The mean potentials of 7 waves and their sum total during first 30 minutes in each one hour before and after irradiation. R: Irradiation.

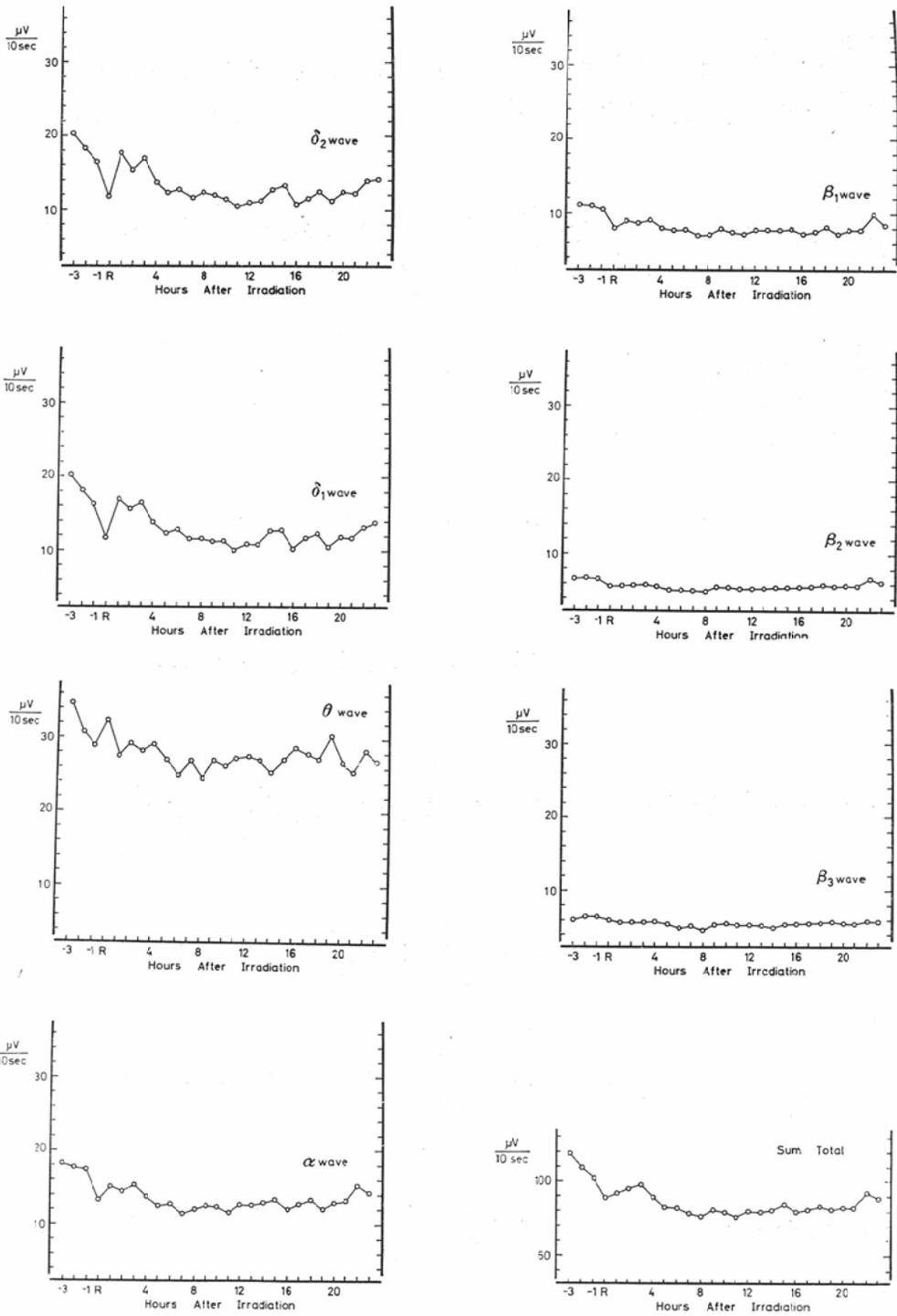


Fig. 3. The relative mean value of the potentials of 7 waves and thier sum total during first 30 minutes in each one hour before and after irradiation. The relative mean value prior to irradiation is taken as 100%. C: Control. R: Irradiation.

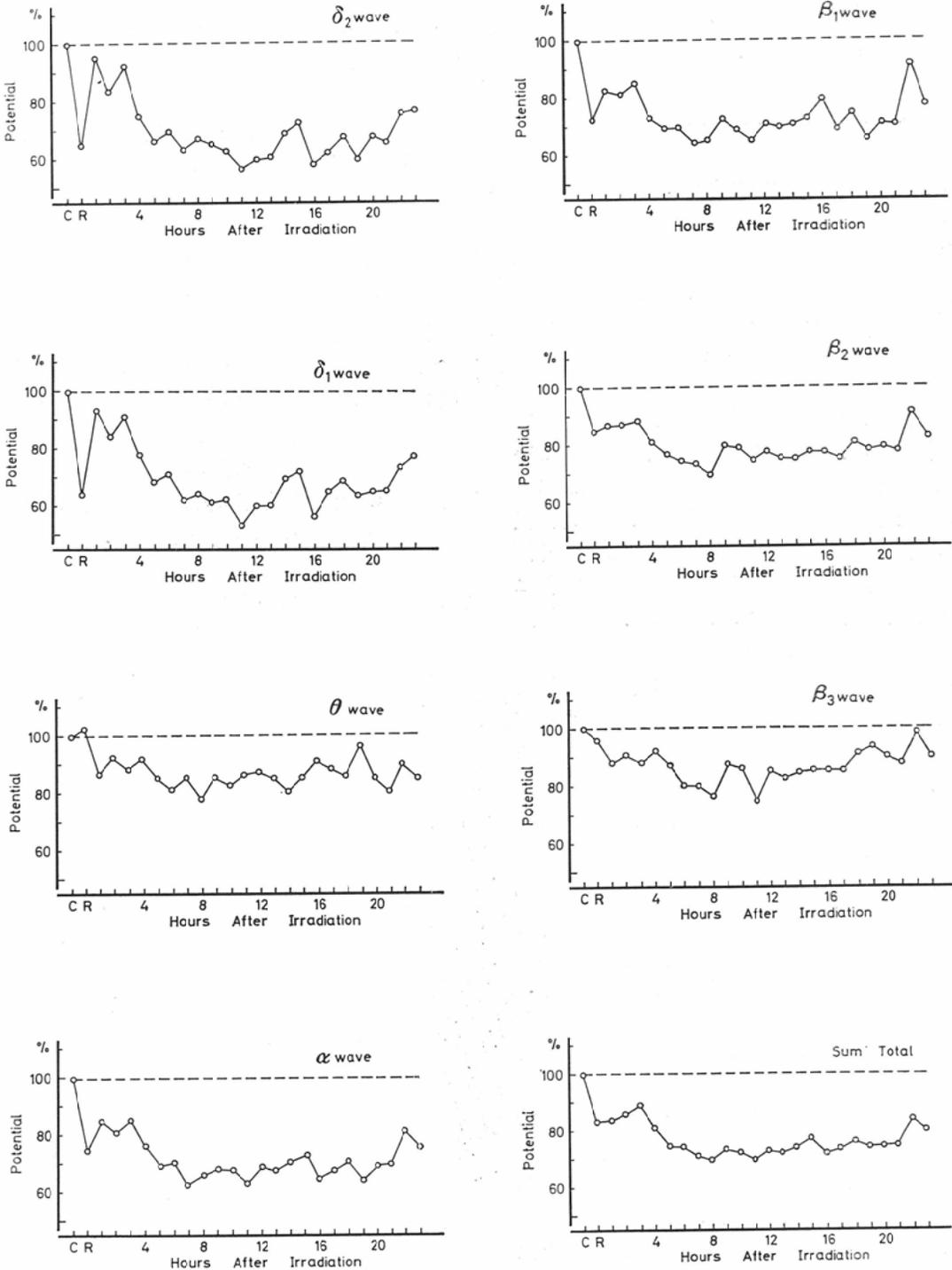
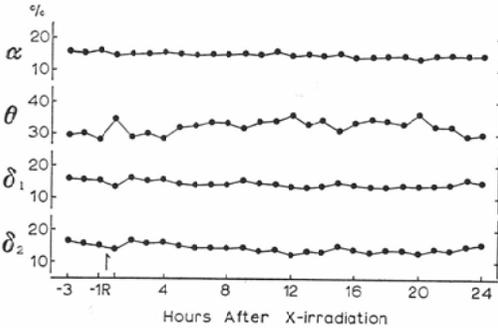


Fig. 4. The mean value of  $\delta_2$ ,  $\delta_1$ ,  $\theta$  and  $\alpha$  waves per each one hour before and after irradiation. In case of 1, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20 and 23 hours, the mean value of per 30 minutes is calculated. R: Irradiation.



ら20時間後にかけては減少した値が多少増減しながら持続する。この時期の電位低下が最も著しいのは  $\delta_2$  と  $\delta_1$  波で、 $\alpha$ ,  $\beta_1$  と  $\beta_2$  波がそれに続き、 $\theta$  と  $\beta_3$  波の低下は最も少ない。約21時間後から  $\theta$  波以外の波は次第に照射前の値に近づく傾向を示すが、23時間後でも完全には照射前の値に戻っていない。(Figs. 1, 2 and 3).

#### 4. 考 察

ウサギの脳の海馬から記録される自発電気活動の波を脳波分析器を用いて分析した結果、すべての帯域の電位がX線照射後減少することが認められた。これは海馬を構成している神経細胞がX線の影響を受けその活動を一時低下した結果によると思われる。

M. Monnier と P. Krupp (1962)<sup>8)</sup>はウサギの頭部に 400Rあるいは 600Rの $\gamma$ 線を照射するとその海馬の自発電気活動が rhythmic に、900Rでは hyperactive になることを報告している。R.L. Schoenbrun, E. Campeau と W.R. Adey (1964)<sup>11)</sup>は頭部に 300Rないし 700Rの X線を照射されたネコの海馬自発電気活動の波が、irregular synchrony を、1,000Rないし 12,000Rでは regular synchrony を示し、且つこの変化は behavior arousal より decreased alertness に関係しているとのべている。彼らは、この結果からは神経への放射線の影響の機構を明らかにすることは

出来ないが、放射線照射後神経の膜の Na 透過性が変化するという C.T. Gaffey (1962)<sup>2)</sup>の考えを取り入れ、これを正確に知るためにはその部位のインピーダンスを測定するのがよいといっている。また C.F. Sams, R.B. Aird, G.D. Adams と G.L. Ellman (1964)<sup>11)</sup>は頭部に 1Rないし 100Rの X線を照射されたイヌの海馬の自発電気活動の波が一時 high amplitude になることを観察し、おそらく dendrite spnapse の膜の透過性が X線を受けて変化することにより、この現象が起るのであろうと推定している。一方、H. Gangloff (1964)<sup>3)</sup>はウサギの頭部に 1,000Rの X線を照射しても海馬自発電気活動の 4~8c/s の波はほとんど変化しないとのべている。これらの報告に対して、本実験では七つの帯域のすべての波がその電位を減じ、 $\theta$  波もわずかに減少した。ところで、全帯域の電位総和に対するそれぞれの波の大きさの変化を百分率で表わすと Fig. 4 になり、 $\theta$  波は一見増加している如く見える。前述の M. Monnier 等や R.L. Schoenbrun 等の観察結果は  $\theta$  波が増加していることを意味していると考えられる故、これは本実験で示された“ $\theta$  波の外見的増加”に該当すると思われる。前報 (1964)<sup>6)</sup>においては X線照射後海馬の覚醒パタンの出現頻度が増加することを記したが、この頻度の増加する時期は本実験での各波の減少する時期ならびに“ $\theta$  波の外見的増加”する時期とほぼ一致した。この事実と覚醒パタンの大部分が約 8c/s の規則的な波からなることから、この増加は  $\theta$  波の外見的増加を示していると考えられる。また、この時期の動物は極めて安静な状態を呈した。動物の情動が海馬の活動に或る程度依存していることおよび本実験結果が海馬の活動の低下を示していることから、この低下が動物を安静にしている原因の一つになつていると思われる。なお、H. Petsche, C. Stumpf と G. Gogolak (1962)<sup>9)</sup>および J.D. Green と A. Arduini (1954)<sup>4)</sup>はウサギを用いての研究で Septum の medial area が海馬の  $\theta$  波を制禦しているとのべている。本実験で認められた海馬  $\theta$  波の電位低下はこの medial area の活動が X線により阻害された結果によると思われる。

る。

このように海馬の自発電気活動への放射線の影響に関する解釈は研究者によりそれぞれ異なっている。この原因としては種々のことが考えられるが、波形分析方法の相異がその主要な原因になっていると思われる。

本研究に関し、しゆじゆ御助言を頂いた野口拓郎、前川杏二の両博士に深謝の意を表す。また、実験を行なうにあたって終始協力された中村正代嬢、杉山洋氏に深く感謝する。

なお、本研究に要した経費の一部は、昭和40年度文部省特定研究費（中枢神経系に対する放射線の影響）によった。

#### 文 献

- 1) Etienne, M. et Posternak, J.M.: 1962 Action des rayonnements ionisants (cobalt-60) sur la réponse du cortex du chat. In, Effects of Ionizing Radiation on the Nervous System (I.A.E.A. Vienna). pp. 111—122.
- 2) Gaffey, G.T.: 1962 Bioelectric effects of high energy irradiation on nerve. In, Response of the Nervous System to Ionizing Radiation. First International Symposium (eds. Haley, T.J. and Snider, R.S.). pp. 277—296. Academic Press. New York and London.
- 3) Gangloff, H.: 1964 Hippocampal spike activity following low doses of radiation. In, Response of the Nervous System to Ionizing Radiation. Second International Symposium (eds. Haley, T.J. and Snider, R.S.). pp. 574—590. Academic Press. New York and London.
- 4) Green, J.D. and Arduini, A.: 1954 Hippocampal electrical activity in arousal. *J. Neurophysiology*. 17 : 533—557.
- 5) Haley, T.J.: 1962 Changes induced in brain activity by low doses of X-irradiation. In, Effects of Ionizing Radiation on the Nervous System (I.A.E.A. Vienna). pp. 171—185.
- 6) Minamisawa, T. and Tsuchiya, T.: 1964 The effects of ionizing radiation on the spontaneous and evoked brain electrical activity in rabbits. 1. The effects of X-rays on the hippocampal spontaneous electrical activity and visual cortical response to photic stimulus. *Nippon Acta Radiologica*. 24 : 1040—1048.
- 7) Monnier, M. and Gangloff, H.: 1961 Rabbit brain research. Vol. 1. Atlas for stereotaxic brain research on the conscious rabbit. Elsevier.
- 8) Monnier, M. and Krupp, P.: 1962 Action of gamma radiation on electrical brain activity. In, Response of the Nervous System to Ionizing Radiation. First International Symposium (eds. Haley, T.J. and Snider, R.S.). pp. 607—619. Academic Press. New York and London.
- 9) Petsche, H., Stumpf, C. and Gogolak, G.: 1962 The significance of the rabbit's septum as a relay station between the midbrain and the hippocampus. I. The control of hippocampus arousal activity by the septal cells. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 14 : 202—211.
- 10) Sams, C.F., Aird, R.B., Adams, G.D. and Ellman, G. L.: 1964 Electrophysiological changes of the central nervous system in response to low-level radiation. In, Response of the Nervous System to Ionizing Radiation. Second International Symposium (eds. Haley, T.J. and Snider, R.S.). pp. 554—573. Academic Press. New York and London.
- 11) Schoenbrun, R.L., Campeau, E. and Adey, W. R.: 1964 Electroencephalographic and behavioral effects from X-irradiation of the hippocampal system. In, Response of the Nervous System to Ionizing Radiation. Second International Symposium (eds. Haley, T.J. and Snider, R.S.). pp. 591—620. Academic Press. New York and London.