



Title	マイクロ波の障害作用に関する実験的研究 マイクロ波の生物学的作用の研究(第3報)
Author(s)	伴, 和友
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1967, 27(8), p. 1038-1048
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18195
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

マイクロ波の障害作用に関する実験的研究 マイクロ波の生物学的作用の研究 (第3報)

名古屋大学医学部放射線医学教室 (主任: 高橋信次教授)

伴 和 友

(昭和42年2月22日受付)

Studies on Biological Effects of Microwave Radiation

(3rd Report)

Experimental Studies of Microwave Radiation on Mice

By

Kazutomo BAN

Department of Radiology, Nagoya University, School of Medicine.

(Director: Prof. S. Takahashi)

Summary:

In order to investigate the biological effects of microwave radiation, mice were exposed to 2,440 megacycle continuous waves. The results were as follows:

1) Behaviours of mice under exposure of microwave radiation were examined minutely under comparison with that of heat stroke.

2) Continuous exposures for the whole body with power densities of 114.3, 54.3 and 28.6 mW/cm² were carried out until death, and thermal responses of mice during exposures were surveyed by means of measuring rectal temperatures, which were determined minute by minute by a flexible plastic-covered probe connected to a thermister thermometer bridge.

Lethal rectal temperatures of mice exposed at any power densities applied to this examination were ranging 42.8°C to 46.2°C. Microscopic examinations of these mice revealed marked congestion with engorgement of small blood vessels in the brain, lungs, liver, spleen, kidneys and adrenal glands.

The most conspicuous lesions were found in the fasciculate zone of adrenal cortex, namely, marked congestion, microscopic bleeding and cellular degeneration.

3) When left in the 50°C incubator as contrast, mice were found to die in 14.35 to 16.45 minutes with rectal temperatures ranging 45.6°C to 46.0°C, and also postmortem pathologic finding was congestion in the brain, lungs, liver and kidneys.

As most striking distinction compared with histologic changes obtained from mice exposed to microwaves, no lesions were seen in the adrenal glands.

4) Mice were decapitated and autopsied for histological studies of the various organs and tissues 1, 2, 3, 6, 24, 48 and 120 hours after exposure for 10 minutes at power density of 28.6 mW/cm², and it was proved that no histologic changes were demonstrated. Therefore, it was considered that lesions resulting from exposure of microwave radiation might be rapidly recovered.

I 緒 言

マイクロ波を生体に照射した場合、組織の血行動態を改善し、物質代謝を促進する効果が認められるので、従来より、医療に利用せられて来た⁹⁾¹⁵⁾¹⁷⁾²⁰⁾³¹⁾³²⁾。

しかしながら、マイクロ波の強力な被曝を受けると、生体は障害作用を蒙り、場合によると、急激な体温の上昇を惹起して致死する事が第二次世界大戦以後、しばしば、報告されるようになった⁷⁾²¹⁾²³⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾。それで、余は生体がマイクロ波の強照射を受けた場合、体内臓器にいかなる障害作用を蒙るかを知らんとする目的でマウスにマイクロ波の強照射を行ない、興味ある結果を得たので報告する。

II 研究方法

マウスは dd 系で体重20.5~27.5g の健康なものを選んだが、特に雌雄は問わなかつた。マイクロ波発生装置は発振管として、連続波発振用マグネトロン (M-4511) を装備し、最高出力1KW、周波数 2,440Mc (2,450±50Mc) の連続波を発振する。送信アンテナは25φ 線アンテナ素子ヘリカルアンテナで開口面は円をなし、その直径は16.4cmである。本装置の主なる仕様及び操作は既に報告した²⁾。

実験1

マウスを実験中、外界から十分に観察可能にするため、8×8×8cm³の金属材料を使用しない竹製籠に固定せず自由に放置した。かくて、マイクロ波の強照射を行ない、死に至るまでのマウスの態度を観察した。照射条件は発振器出力を160Wとし、アンテナ開口面より竹製籠の中心迄の距離を20cmとした。本装置による当該部の電界度は114.3mW/cm²である。尚、本実験の全経過を16mm映画に記録した。(第1a,b,c,d 図)。

実験2

マウスをベニヤ製固定板に四肢を伸展緊縛して、腹臥位に固定し、背面より死に至る迄のマイクロ波の全身照射を行った。マウス体温の変動を観察するために、宝工業製サーミスター温度計を用いて、ビニール製外皮を有する直腸型感熱部を

肛門より1.5cm挿入して1分毎に直腸温を測定した。照射条件は発振器出力を160Wとし、アンテナ開口面よりマウス背面迄の距離を20, 30, 40cmとした。各部の電界強度は夫々、114.3, 54.3, 28.6mW/cm²である。又、使用したマウスの匹数は夫々6匹、6匹及び3匹である。次に、同様に固定したマウス2匹を50°Cに保った恒温槽内に放置して死に至らしめた。その際、同様な方法で体温の変動を測定した。

尚、本実験におけるマウス固定法は体温を漸次降下せしめるので、可及的短時間に固定操作を完了して、マウス体温が37.5±1.0°Cの範囲内で照射を開始した。又、サーミスター温度計のリード線は24mesh 銅製金網にて被い、マイクロ波の不必要な影響をさけた²⁾。

実験3

実験2により、マイクロ波の全身照射を行つて致死せしめたマウスに病理解剖を施行して、体内各臓器の病理組織学的検索を行った。即ち、各マウスは死後ただちに剖検し、各臓器の肉眼的変化を観察した後、10%ホルマリン液にて固定し、厚さ4μの切片とし、H-E染色法及びクルーバー氏神経髄鞘染色法により組織標本を作製した。検討せる臓器は脳、心、肺、肝、脾、胃、小腸、腎、副腎及び皮膚である。

病理組織学的検索に供したマウスは第1表の如

Table 1. Mice examined histologically after microwave radiation.

No.	Body Weight (gm)	Power Density (mW/cm ²)	Rectal Temperature (°C)		Exposure Time (min)
			Before Expos.	After Expos.	
1	23.5	114.3	37.4	43.5	4.01
2	23.0	//	37.3	43.2	6.62
3	23.5	//	37.0	44.5	6.75
4	24.5	54.3	36.5	43.3	8.42
5	24.5	//	37.1	45.0	12.33
6	22.0	//	37.4	46.0	6.90
7	26.0	28.6	36.8	46.2	12.17
8	27.5	//	36.7	42.8	21.40
9	21.5	left in 50°C	38.2	46.0	14.35
10	20.5	Incubator.	37.0	45.6	16.45

Table 2. Mice exposed for 10 minutes at 28.6 mW/cm², and decapitated for histological studies.

No.	Body Weight (gm)	Rectal Temperature (°C)		Survival	N.B.
		Before Expos	After Expos		
11	21.0	37.5	41.6	alive	Decapitated 1 hr. after exposure
12	23.0	36.8	40.8	//	Decapitated 2 hrs. after exposure
13	22.5	38.0	41.0	//	Decapitated 3 hrs. after exposure
14	20.0	38.5	41.5	//	Decapitated 6 hrs. after exposure
15	25.0	38.5	41.5	//	Decapitated 24 hrs. after exposure
16	25.0	38.5	40.5	//	Decapitated 48 hrs. after exposure
17	24.5	37.5	41.5	//	Decapitated 120 hrs. after exposure

く、114.3mW/cm² で照射した6匹中3匹、54.3 mW/cm² で照射した6匹中3匹、28.6mW/cm² で照射した3匹中2匹である。尚、50°C恒温槽で致死せしめたマウスも同様に病理学的検索を行なった。

次に、実験2と同様に固定したマウスを発振器出力160W、アンテナ開口面—マウス背面間距離40cm、電界強度28.6mW/cm² で10分間照射を行った後に、1、2、3、6、24、48、120時間で断頭により致死せしめて同様に病理組織学的検索を行なった。この場合、第2表に示す如く、直腸温は41.0±0.5°Cの範囲内にあり、マウスは致死するに至らない。

III 研究結果

1) マイクロ波照射時のマウスの態度

実験1により114.3mW/cm² でマイクロ波の照射を受けたマウスを照射直後より経時的に観察した結果は以下の如くであつた。即ち、0—1分：マウスは別に衝撃を受けた様子はなく照射前と動作は変わらない。1—2分：動作は変るところなく活発であるが、照射前に認められなかつた前2肢を用いて半起立位で洗顔様運動をしきりに行なうようになる。2—3分：動作はやや緩慢となり、送信アンテナに対して常に背を向けて行動し退避

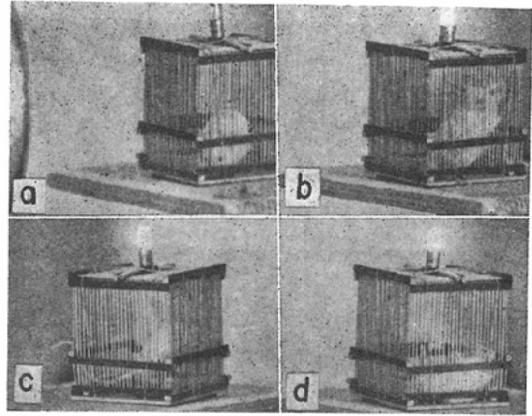


Fig. 1 Photographs of cinefilms.

Before exposure of microwave radiation, neon-lamp (NED) attached to the mouse cage did not yet work, and mouse was in normal status (a). Simultaneously with microwave irradiation at power density of 114.3mW/cm², neon lamp glowed, and then mouse was going to evade from microwave emanation (b). About 5 minutes from beginning of microwave irradiation, mouse had heavy convulsion (c), and was died immediately after tonic convulsion in supine position (d).

の状態を示めず(第1, b図).時として、退避の姿勢で前2肢による洗顔様運動を行なう。3—4分：再び動作は活発となり、呼吸は激しく退避の姿勢も、洗顔様運動もなす事なく籠内を暴走し、動作は次第に激しさを増し、不安興奮状態を示めず。しかし、体毛及び皮膚に変色或いは損傷等は認められない。4—5分：動作は再び徐々に鈍化し、しかし、呼吸は激しく口は開放したままで送信アンテナに背を向けてうづくまる。5—6分：突然、全身の間代性痙攣から強直性痙攣(第1, c図)を惹起して、転倒し、背臥位で漸時、強直性痙攣をつづけた後に死亡する。(第1 d図).その際、尿尿の失禁を認める。

以上の如く、114.3mW/cm²での照射は死亡する迄の全経過は5—6分で、死亡せる姿勢は両眼を開放したままで、体毛及び表皮に損傷或いは変色は認められなかつた。

尚、照射直後よりの全経過を16mm映画に記録した。即ち、第1, a, b, c, d 図はこれより抜粋したものである。

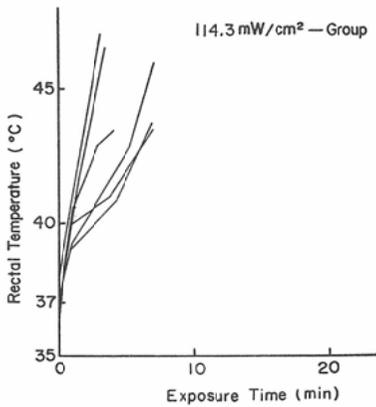


Fig. 2 Rectal temperature responses of mice during exposure to 2, 440 megacycle microwave at power density of 114.3 mW/cm².

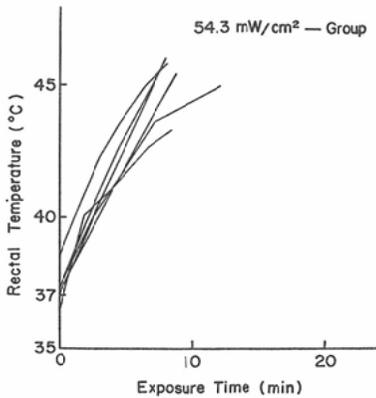


Fig. 3 Rectal temperature responses of mice during exposure to 2, 440 megacycle microwave at power density of 54.3 mW/cm².

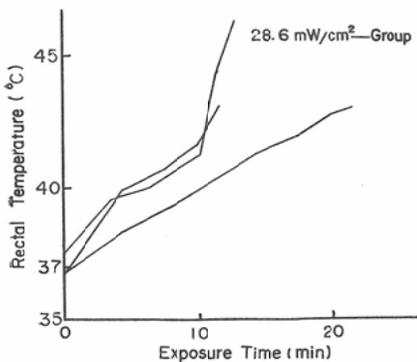


Fig. 4 Rectal temperature responses of mice during exposure to 2, 440 megacycle microwave at power density of 28.6 mW/cm².

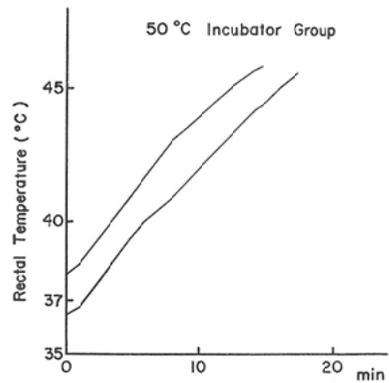


Fig. 5 Rectal temperature responses of mice left in 50°C incubator.

2) マイクロ波照射マウスの体温の変動

マウスのマイクロ波照射時の体温変動測定結果は第2, 3, 4, 図に示めす. 第2図は 114.3 mW/cm² で照射されたマウス 6匹の, 第3図では 54.3mW/cm² で照射されたマウス 6匹の, 第4図では28.6mW/cm² で照射されたマウス 3匹の経時的直腸温測定結果を示めす. マウスは照射開始直後より, 直腸温の上昇を示めし, いずれの電界強度にても致死直腸温は42.8~46.2°Cの範囲内にある.

致死照射時間は 114.3mW/cm² では4.01分から6.75分, 54.3mW/cm² では6.90分から 12.33分の間にあり, 28.6mW/cm² では 12.17分から 21.40分と照射時間の幅があるが, 電界強度が小さくなる程, 照射時間は延長する傾向が認められる. 尚, 第5図では, 50°C恒温槽内に保ったマウス 2匹の直腸温測定結果を示めした. 14.35分から 16.45分の経過で直腸温は 45.6°C及び 46.0°Cを示し, 全身痙攣とともに死亡する事を確認した.

3) マイクロ波照射マウスの病理組織像

マイクロ波の全身照射を行ない, 病理組織学的検索に供したマウスは第1表及び第2表に示めす如くである.

A. 肉眼的所見

全群の肉眼的所見について述べる.

全群ともに, 皮膚及び体毛等の外観上の変化は

認められなかった。マイクロ波照射により直接死した群では肺及び肝に程度の差はあつても暗赤色を呈し、鬱血状態を示めた。50°C恒温槽に放置したマウスでは肺に鬱血を認めたが、その他の臓器に特記すべき肉眼的変化は認められなかった。非致死量のマイクロ波を照射した群では検討せる臓器に肉眼的変化を認めなかった。

以上の如く、全群ともに肉眼的変化に乏しく、検討せる各臓器に出血、潰瘍、壊死等を視認する事は出来なかった。

B. 病理組織学的所見

1) マイクロ波照射により直接死した群

病理組織学的検索の結果、電界強度別に変化に質的差を認めなかったため、一括して所見を述べる。

脳 (第6, a, b 図)

H-E 染色により観察した脳組織では脳血管の軽度の拡張充鬱血像が存在し、クルーバー氏染色では神経細胞及び髄鞘の萎縮、変性、断裂、壊死を認めなかった。

心

心筋線維の萎縮、断裂、筋線維間の細胞浸潤、変性、壊死等の病理変化は認められず、又、特殊細胞の出現もなかった。

肺 (第7a, b 図)

肺胞中隔は毛細血管が拡張充鬱血し、赤血球を充満するために肥厚し、肺胞は狭小化している。肺胞には漿液性物質の漏出は著明でなく、濾出した赤血球は存在するが、肺胞上皮細胞の脱落、必肺弁膜症細胞の出現、白血球及び小円形細胞の浸潤は認められなかった。肺間質の小血管も拡張し赤血球を充盈し、肺全体は高度に充鬱血像を示めた。

肝 (第8, a, b, c 図)

中心静脈の拡張充鬱血が著明で、之に放射状に連なる肝洞様毛細血管が拡張し、赤血球を充満する。肝実質では、肝細胞の萎縮変性、肝細胞索の解離及びクツベル氏星状細胞の変性はなく、又、間質では小血管の拡張充鬱血像を認めるが、小葉間結合組織の増生はなく、所謂、肝の鬱血萎縮の

所見は認め得なかった。

腎 (第9 図)

小血管及び毛細血管の拡張充鬱血の所見を認めるが、糸球体、尿細管上皮細胞に萎縮変性、壊死を認めない。又、間質結合組織の増生をみる事なく、鬱血性萎縮腎の所見は認め得ない。肺及び肝と同様に鬱血機転が急性であつた事を示めた。

副腎 (第10, a, b, c 図)

副腎には顕著な変化が認められた。皮質、髓質はともに著明な鬱血像を示したが、特に、皮質束状層深部では洞様毛細血管が拡張充鬱血し、管壁より出血し、細胞索は不明瞭となり、皮質細胞に変性像を認めた。しかし、髓質細胞には萎縮変性像を認めなかった。

脾

脾では極めて軽度の鬱血を認めたのみであつた。

胃、小腸及び皮膚

胃、小腸及び皮膚には病理組織学的に変化を認め得なかった。

以上の如く、実質臓器の急性充鬱血像が主たる変化であつた。臓器別には、その程度は副腎、肺、肝、腎の順に高度で脳、脾に軽度で胃、小腸及び皮膚に組織学的変化が認められなかった。

2) 50°C恒温槽で致死せしめた群

高温環境により、致死せしめたマウスを実験方法で述べた如く、病理組織学的検索をした結果では、脳、肺、肝、腎に急性充鬱血像を認めた。しかし、マイクロ波照射により致死せしめたマウスの変化と比較して、各臓器の充鬱血の程度は軽度であつた。特に、副腎では皮質、髓質ともに鬱血像は認められず、又、皮質束状層の出血及び細胞変性も認められなかった。

3) 28.6mW/cm² で非致死量の照射を行なつた群

28.6mW/cm² で10分間の照射を行ない、照射後、1, 2, 3, 6, 24, 48, 120時間生存させた各一匹を断頭により殺して実験方法で述べた如く各臓器の病理組織学的検索を行った結果では

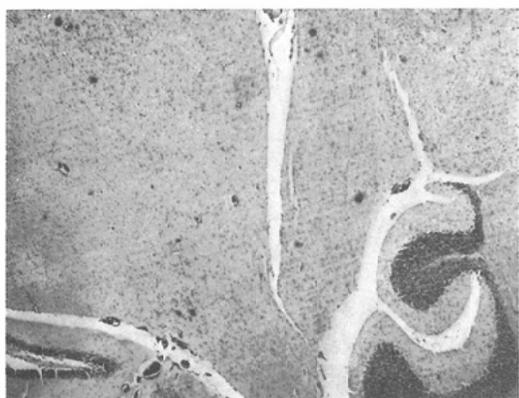


Fig. 6,a. Histologic section of brain of mouse exposed at power density of $54.3\text{mW}/\text{cm}^2$ showing slight congestion. (X100, H-E stain)

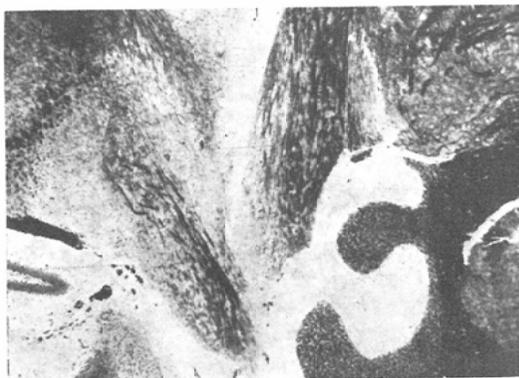


Fig. 6,b. Brain of the same mouse. (X100, Klüver's stain)

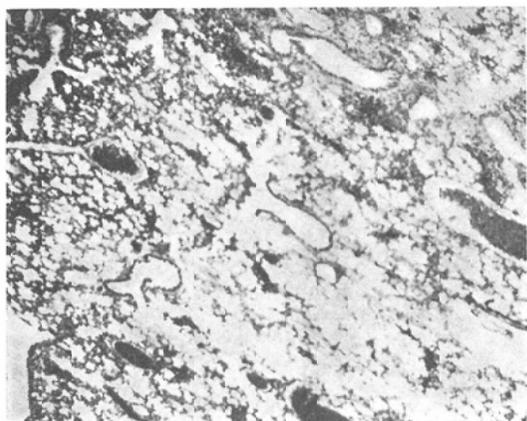


Fig. 7,a. Histologic section of lung of the same mouse showing marked congestion with microscopic bleeding. (X100, H-E stain)

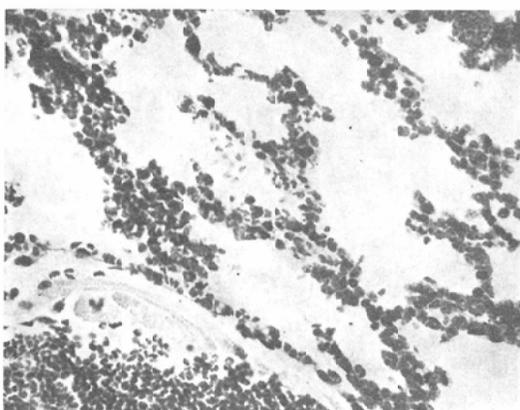


Fig. 7,b. Detail of lung in Fig. 7,a. (X400, H-E stain)

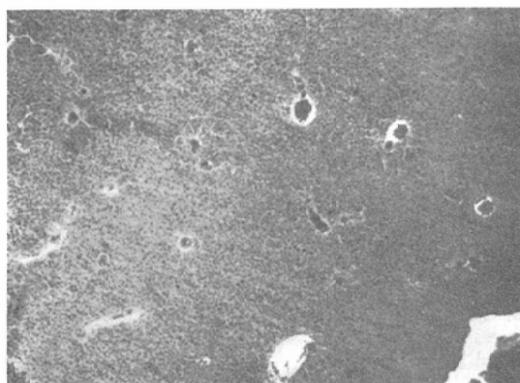


Fig. 8,a. Histologic section of liver of the same mouse showing the central veins widely distended with blood. (X20, H-Es stain)

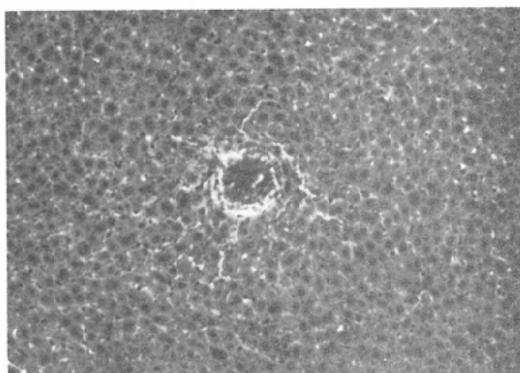


Fig. 8,b. Liver of the same mouse. Normal architecture being preserved. (X100, H-E stain)

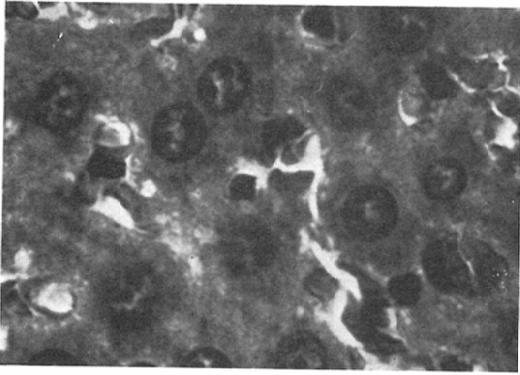


Fig. 8,c. Highly magnified section of liver of the same mouse showing sinusoids widely distended with blood cell, and normal liver cell. (X1,000, H-E stain)

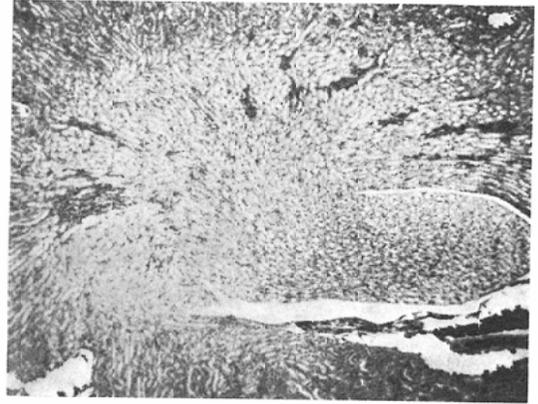


Fig. 9. Histologic section of kidney of the same mouse showing the pattern, typical of acute congestion. (X100, H-E stain)

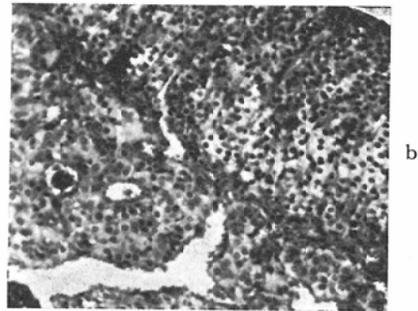
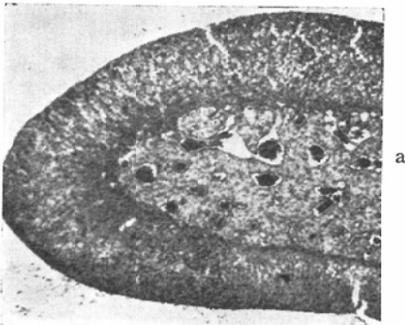


Fig. 10,a and b. Histologic section of adrenal gland of the same mouse showing marked congestion. (a: X 20, b: X 40, H-E stain)

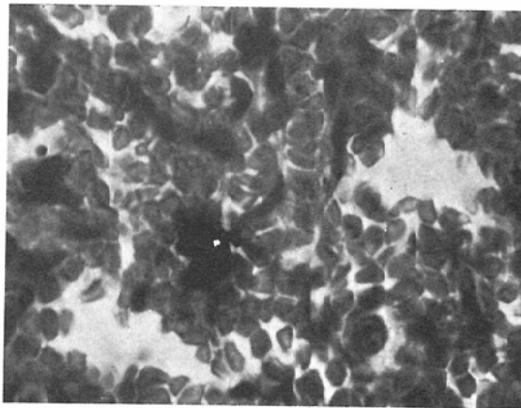


Fig. 10,c. Highly magnified section of adrenal cortex of the same mouse showing marked congestion with microscopic bleeding, and cellular degeneration in the fasciculate zone. (X1,000, H-E stain)

検討せる臓器に急性充満血像の所見は認められなかった。又、実質細胞の萎縮変性、壊死、間質の線維性肥厚、小円形細胞浸潤は認められず、組織学的には正常所見を呈した。

IV 考按

現在、マイクロ波の生物学的作用として、1) 熱的効果、2) 特殊熱的効果、3) 非熱的効果が考えられている³⁰⁾。マイクロ波が生体に吸収されると、細胞内蛋白その他の誘電体損失となつて熱エネルギーになり、局所に熱を発生せしめる事実は良く知られている⁴⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁹⁾³⁴⁾³⁵⁾。

特殊熱的効果は生体にその存在が確認された訳ではなく、現在では実験的段階で認められるのに過ぎない。³⁰⁾³⁵⁾

非熱的効果について実在するかどうか不明でみるべき文献もない⁸⁾²²⁾³⁰⁾。現在の処、マイクロ波の生物学的作用として最も期待せられるは熱効果である。熱による生体への刺激は強さ及び作用時間が適当であると、人体の場合、健康増進的に或いは疲労回復的に作用する²⁴⁾。

一方、熱による傷害についても数多くの報告がある³⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾²⁴⁾。人体の場合、日射病、或いは熱射病として知られ、経過の途中で皮質症状を現し、四肢の間代性痙攣から全身の強直性痙攣を惹起して、末梢循環不全に陥ち入つて死亡する事が観察されている²⁴⁾。

余の実験に於けるマイクロ波照射マウスの不安、興奮、狂躁、全身痙攣の状態は人の熱による末期状態と類似している。実際、マイクロ波照射マウスは急激な体温上昇を惹起して、電界強度の如何に不拘、直腸温 $42.8^{\circ}\text{C}\sim 46.2^{\circ}\text{C}$ の範囲内で死亡する事はマイクロ波の一次効果が熱によるものである事を示唆している。その致死直腸温については、余の測定値に比較して、 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ という高値を報告する者もある¹⁶⁾。之は次の諸点、即ち、マウス固定法による違い、導波管内の照射、熱電対による直腸温測定法及び測定器具リード線のマイクロ波の防禦が不十分等による相違と考察される。

尚、マウス固定法の相違と致死電界強度、致死

直腸温、及び照射時間等の関連については教室の池田より詳細に報告されるはずである¹⁸⁾。

熱による生体の障害を病態生理学的にみると、血流増加による血管拡張と二次的皮膚血管の縮少が加つて内臓諸器官の浮腫、鬱血及び出血により末梢循環不全に陥ち入つて低酸素血症となり死亡するが、病理組織学的には内臓諸器官の浮腫、鬱血及び出血の他に実質臓器の細胞の変性萎縮が認められる³⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾²⁴⁾。

マイクロ波照射動物の病理組織学的検索についても多くの報告がある⁵⁾⁶⁾¹⁴⁾¹⁶⁾²⁵⁾³³⁾³⁷⁾。之等の要約を第3表に示めたが、在来の報告を通覧すると、熱による障害と本質的に差はない。しかしながら、マイクロ波照射動物の病理変化は実験動物の大きさによつて、多少、その報告を異にする。即ち、犬、兎を実験対象とした場合、全身の浮腫、鬱血、出血の他に白内障形成及び実質臓器の萎縮変性、特に、消化管及び睪丸組織の変性を認めている⁵⁾⁶⁾¹⁴⁾³⁷⁾。最も注目を要する報告として、McLaughlin J.T. の報告がある²³⁾。第3表最下段に示めす如く、アンテナ近傍でレーダー波の被曝を受けて事故死を遂げた基地作業員の解剖所見として穿孔性空腸炎、急性穿孔性腹膜炎及び副腎萎縮を報告している²³⁾。一方、マウス等の小動物では全身臓器の浮腫、鬱血、出血等の循環不全が病理組織学的変化の主体をなす¹⁶⁾²⁵⁾。之等は余の病理組織学的検索と一致するが、しかし、副腎に最も顕著な変化が観察される事は未だ報告をみない。

50°C 高温環境で致死せしめたマウスの病理組織像とマイクロ波照射マウスのそれとの差は本質的なものではなく、マイクロ波照射による温度上昇が 50°C 高温環境の場合と比較して、急勾配である事と、体深部に於いて温度上昇がより著明である事¹¹⁾¹⁹⁾³⁴⁾と考察される。しかし、向後、尚、検討を要する問題である。直腸温 $41.0\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の非致死量のマイクロ波照射を行なつたマウスを経時的に断頭致死せしめて病理組織学的検索を試みると、マイクロ波照射により直接死を遂げたマウスで観察された所見は何等認め得ず、その回復の速

Table 3. Presentation of histologic changes reported by different authors.

Year	Authors	Microwave Emission	Animals used	Findings of the histological examination
1950	J. Clark	12cm-wave length.	Rabbit	Opacity of lens. Degeneration of testicular tissue.
1950	S. Umehara (梅原 千治)	10cm-wave length. Continuous wave. 40—60W.	Guinea pig	General edema and congestion with blood extravasation. Cell degeneration in the lungs, liver, kidneys, and muscle fibers of heart. Ulceration of stomach.
1953	J.T. Boysen	350 Mc-continuous wave. 75—100 W.	Rabbit	Cell eegeneration of C.N.S., liver, and kidneys. Hemorrhagic pneumonia. Necrosis of the intestinal mucosa and stomach.
1957	D.B. William	Radar (S-band) 100—200mW/cm ² 30—40 mW/cm ²	Rabbit Rat	Opacity of lens. Degeneration of testicular tissue.
1957	F.W. Hartman	Therapeutic unit. Continuous wave.	Dog	General edema and engorgement of small vessels. Hemorrhagic pneumonia. Necrosis and desquamation of the lining of gut. Necrosis of liver. Cell degeneration of adrenal cortex, and kidneys.
1960	S. Prausnitz	Radar. Pulsed wave. 101mW/cm ² .	Mouse	General congestion. Leucocytosis. Lymphoid infiltration in brain, liver, kidneys, duodenum, and testis.
1962	Y. Horai (蓬 菜 裕)	Radar. Pulsed wave. 53.8—18.2 mW/cm ²	Mouse	Marked congestion with extravasation of blood in brain, lungs, and kidneys.
1966	K. Ban (伴 和 友)	12.4cm-wave length. Co- ntinuous wave. 114.3—28.6 mW/cm ²	Mouse	General congestion. Marked congestion with hemorrhage, and cell degeneration in the fasciculate zone of the adrenal cortex.
1957	J.T. McLaughlin	Radar.	A man died after exposure to radar wave in the near field.	Enteritis, type undetermined. Ulceration and perforation of the jejunum. Atrophy of adrenal gland.

かな事及び後障害を残さない事を示唆しているものと考えられる。又、之は在来の超短波による実験結果と一致している¹⁾。

マイクロ波の生物学的作用を究明する事はレーダー波被曝による障害の実態を明らかにし²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾、²⁹⁾、又、日常の臨床のマイクロ波療法の安全度を高めて、その普及を一層推進する事にならう。

V 結 語

電界強度 114.3mW/cm² でマイクロ波の全身照射を受けたマウスの態度を観察した。その生体としての反応は照射直後には変化はないが、不安、退避、興奮、狂躁の状態を次第に示し、遂には、全身痙攣の後に死亡する事を確認した。電界強度の差によるマウス致死効果に及ぼす影響を知る目的で、114.3mW/cm²、54.3mW/cm² 及び28.6 mW/cm² の電界強度で、夫々、マウスが死に至る迄、全身照射を行い、1分毎に、サーミスター

温度計により体温変動を観察した。その結果、マウス致死照射時間は電界強度が小さくなると、延長する傾向が認められるが、致死直腸温は電界強度の如何に不拘、42.8~46.2°Cの範囲内である事を確認した。

更に、マイクロ波照射により直接死したマウスの体内臓器の病理変化を知るため、剖見を施行して、諸臓器の病理学的検索を行った。即ち、組織学的には、脳、肺、肝、脾、腎、副腎に急性充鬱血像を認めたが、最も顕著な変化として、副腎皮質束状層に高度の鬱血、出血の他に、皮質細胞の変性を認めた。50°C恒温槽内で致死せしめたマウスを同様に病理組織学的検索を行なった結果では、マイクロ波照射マウスと同様に、諸臓器に急性充鬱血像を認めたが、その程度は軽度で、特に、副腎に変化のない事が注目された。しかし、向後、尚、検討を要する問題である。

一方、非致死量のマイクロ波照射を行なつたマウスを経時的に断頭致死せしめて、病理組織学的検索を試みた結果では、鬱血機転の速かな回復を認めた。

本研究に於けるマイクロ波発生装置については、東芝玉川工場特殊医療器課諸氏に多大な御協力を頂いた。

亦、病理学的検索には愛知癌センター臨床検査部長須知泰山博士及び放射線科第一部医長木戸長一郎博士に終始、御懇篤なる御指導を頂いた。

稿を終るに臨み、各位諸氏に心より感謝の意を表す。

References

- 1) Baldwin, W.M., et al.: The histologic effects produced in albino rats by high frequency currents. *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.* Vol. 26, 1928, 588—590.
- 2) 伴和友: マイクロ波の生物学的作用に関する研究 (第1報), 日医放会誌, Vol. 22, 1962, 743—749.
- 3) Bierman, W., et al.: Some physiologic changes during hyperpyrexia induced by physical means. *J.A.M.A.* Vol. 103, 1934, 1354—1357.
- 4) Boyle, A.C., et al.: Further investigation into the effects of microwave. *Ann. Phys. Med.* Vol. 1, 1952, 3—16.
- 5) Boysen, J. T., et al.: Hyperthermic and pathologic effects of electromagnetic radiation (350 Mc). *A.M. Arch. Indust. Hyg.* Vol. 7, 1953, 516—525.
- 6) Clark, J.: Effects of intense microwave radiation on living organisms. *Proc. IRE.*, Vol. 38, 1950, 1028—1032.
- 7) Daily, L. E.: Clinical story of results of exposure of laboratory personnel to radar and high frequency radio. *U.S. Nav. Med. Bull.*, Vol. 41, 1943, 1052—1055.
- 8) Epstein, M.A., et al.: The effects of microwave on the Rous No. 1 Fowl Sarcoma virus. *Brit. J. Cancer.* Vol. 5, 1951, 244—251.
- 9) Flandesio, D., et al.: Radartherapy or microwave therapy. *Minerva. Med. (Torino).* Vol. 46, No. 7, 1955, 190—194.
- 10) Gestern, J.W., et al.: Effect of microwave diathermy on peripheral circulation and on tissue temperature in man. *Archives of Physiol.* Vol. 30, 1949, 7—25.
- 11) Gordon, M.M., et al.: Further investigation of heating by microwave and infrared as used clinically. *J.A.M.A.* Vol. 159, 1957, 1286—1287.
- 12) Hall, W.W., et al.: Study of experimental heat stroke. *J.A.M.A.* Vol. 89, 1927, 177—182.
- 13) Hartman, F.W., et al.: Pathological changes resulting from accurately controlled artificial fever. *Am. J. Clin. Path.* Vol. 5, 1935, 393—410.
- 14) Hartman, F.W.: The pathology of hyperpyrexia. *Proceedings of the Second Tri-Service Conference on biological Effects of Microwave Energy.* 1958, Rome Air Development Center, New York.
- 15) 平松博: 電気療法, 理学療法, 昭和37年, 南山堂, 東京.
- 16) 蓬菜裕: マイクロウェーブの生体に及ぼす影響 (第1報), 日医放会誌, Vol. 22, 1962, 173—181.
- 17) 五十嵐重明: マイクロ波調理器および治療器, 電子技術, Vol. 3, No. 5, 昭和36年, 44—47.
- 18) 池田洋: マイクロ波の生物学的作用に関する研究 (第5報), 日医放会誌掲載予定.
- 19) Kebbel, W., et al.: Die Wärme-Verteilung in Fett-Muskel-Schichten bei Ver-Mikrowellentherapie. *Strahlentherapie.* Vol. 54, No. 2, 1954, 107—115.
- 20) Kuttig, H.: Die Mikrowellen-Therapie und ihre Physikalischen und Biologische Grundlagen. *Elektromedizin.* Vol. 3, No. 7, 1958, 201—208.
- 21) Lidmann, B.I., et al.: Effects of radar emanations on the hematopoietic system. *Air Surgeon. Bull.* Vol. 2, 1945, 1052—1055.
- 22) McAfee, R.D.: Neurophysiological effects of 3 cm-microwave radiation. *Am. J. Physiol.* Vol. 200, 1961, 192—194.
- 23) McLaughlin, J.T.: Tissue destruction and death from microwave radiation (radar). *Calif. Med.* Vol. 86, No. 5, 1957, 336—339.
- 24) 大島良雄他: 寒冷, 温熱による疾患, 現代内科学大系, 1963, 中山書店, 東京.
- 25) Prausnitz, S., et al.: Longevity and cellular studies with microwaves. *Proceedings of the Fourth Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation.* New York University Medical Center. 1961, Plenum Press, New York.
- 26) *Proceedings of Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation.* Rome Air Development Center. 1957, New York.
- 27) *Proceedings of the Second Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Energy.* Rome Air Development Center, 1958, New York.
- 28) *Proceedings of the Third Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Micro-*

- wave Equipment. Rome Air Development Center. 1959, New York.
- 29) Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. New York University. Vol. 1, 1961, Plenum Press, New York.
- 30) Schwan, H.P.: The absorption of electromagnetic energy in body tissues. *Ann. J. Phys. Med.* Vol. 33, 1954, 371—404.
- 31) Schliephake, E.: Kurzwellen und Mikrowellen-Therapie in Klinik und Praxis. *Elektromedizin.* Vol. 2, 1957, 1—7.
- 32) 玉川鉄雄他：マイクロ波療法の実際，東大物療内科，昭和34年，東京。
- 33) 梅原千治：極超短波の生物に及ぼす影響について，日医放会誌，Vol. 10, No. 7, 1950, 33—45.
- 34) Von A. Böni., et al.: Temperaturmessungen an tierischen und menschlichen Gewebe nach Bestrahlung mit Mikrowellen ($\lambda=17$ cm). *Archiv. Phys. Therap.* Vol. 4, No. 3, 1952. 174—203.
- 35) Victor, T.T.: Specific thermal effects of high frequency fields. Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. New York University Medical Center. 1961. Plenum Press, New York.
- 36) Wakim, K.J., et al.: Preliminary report of experimental studies of the heating effect of the microwave in living tissues. Proceedings of the Staff Meeting of the Mayo Clinic, Rochester. Vol. 22, No. 11, 1947, 209—224.
- 37) William, D.B.: The biological effects of microwave radiation. Proceedings of the Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiation. Rome Air Development Center. 1957, New York.