# マイクロ波の腹部外科への応用(第2報) マイクロ波の開腹術後腸管癒着に対する効果

和歌山県立医科大学消化器外科学教室(指導:勝見正治教授)

田伏克惇

## APPLICATION OF MICROWAVE TO ABDOMINAL SURGERY 2nd REPORT THE EFFECT OF ABDOMINAL MICROWAVE RADIATION ON

#### EXPERIMENTAL POSTOPERATIVE ADHESIONS

#### Katsuyoshi TABUSE

Department of Gastroenterological Surgery, Wakayama Medical College (Director: Prof. Masaharu Katsumi)

2,450MHz のマイクロ波の腹部照射により,腸管運動亢進および血行動態の改善が,癒着に対し,どの ような影響を及ぼすか,Wister 系ラットを使用し検索した.1回照射条件を40watt,10分,腹壁アンテナ 間距離10cm とし,癒着起因操作後3時間以内,すなわち膠着性癒着の発生母地の形成される時期に照射 すると,対照群に比し癒着程度が半減した.3日目より7日目までコラーゲン増生期に照射すると癒着程 度が強くなり、7日目以降よりの照射では癒着程度には変化はもたらさなかった.

マイクロ波の腸管癒着防止のためには、術後数時間以内の照射が必要であり、3~7日目の期間は創治 癒促進に働くと考えられる。

索引用語 マイクロ波 (極超短波),腸管癒着

#### 緒言

われわれ外科医が1つの疾患に対し、大きな治療効果 を期待して開腹手術を行い、適切な処置を行った後にひ き起こる腸管癒着は、生体の自然治癒あるいは防禦機転 にて発来するものとはいえ、重要な問題である・望まし い生理的治癒の手段、たとえば吻合部に逆作用すること なく過剰の癒着を防止できる方法がないかという疑問は 常に起こってくる。したがって、古くから多くの研究が なされてきているが、癒着形成の正確な原因とその明解 な発生機序ならびに癒着の確実な防止法とその治癒法が 発見されず、なお、未解決の問題として討議されてい る.

しかし、不完全ながらも、癒着形成の病因論として、 漿膜の損傷によってひきおこされる浸出性炎症が始ま り、折出される fibrinogen が、fibrin となり相接する面 が膠着し、その中へ線維芽細胞が出現して線維性癒着へ と移行することが、一般に認められている.

また,腸管癒着防止の基本的原則は,腹膜,腸管の取 り扱いは極力愛護的に行い,むやみに漿膜(腹膜)を刺 激しないことであり,腸管癒着防止手段としては,1) 腸管相互の接触を一定時間防止する方法,2) 浸出液中 の線維素析出を阻止する方法,3) 漿膜(腹膜)損傷部 を被覆する方法が考えられ,多くの 薬剤に ついて検討 されているが,いずれも決め 手に なるようなものはな い<sup>9</sup>.

本研究は、従来より深部温熱効果を期待する Diathermy<sup>2)</sup> としてマイクロ波(極超短波)を腹部に 照射し, 温熱作用,腸管運動亢進作用,血行動態の改善が,癒着 および創治癒に対し、どのような影響を及ぼすかを wister 系ラットと雑種犬を使用し検索したものである. 1977年5月

なおマイクロ波の腹部照射による腸管運動亢進作用の あることを<sup>31</sup> 第1報にて述べた.

#### 実験材料および方法

体重200g 前後の Wister 系ラットと体重10kg 前後の 雑種雌犬を使用した.

マイクロ波発生装置としては、平和電子工業株式会社 製の医療用マグネトロン MT-200を使用し,周波数2,450 ±50MHz,最高出力200Wの連続波を発振させ、送信ア ンテナは、ラットに対しては開口面の直径10cm の円柱 型アンテナを、犬に対しては直径17.5cm の半球状のも のを使用した.

陽管癒着の作製法は,久留米大学脇坂外科学教室の癒 着実験に準じ<sup>4</sup>, wister 系ラット35匹をエーテル麻酔下 に下腹部正中切開で開腹し,回盲部を露出し,この部に 3 cm 長にわたり背側,腹側両面を20%ヨードチンキで 浸した硬めの絵筆で漿膜面を点状出血が出現するまで摩 擦し,腹腔内にもどし,腹壁を2層に縫合閉鎖した.こ の操作は無菌的に行い,感染に伴う癒着への影響をさけ た.

癒着作製ラット10匹を対照群とし、25匹にケタラール 麻酔でベニヤ製固定板上に四肢を伸展緊縛し、仰臥位 に固定し腹部照射を行った.1回照射条件を40W、10分 間,腹壁アンテナ間距離15cm とし、照射せる術後病日 および照射回数の相異により、照射群を5群に分けた. 第 I 群は、術後3時間以内、24時間目、48時間目の計3 回照射し、第 II 群は、術後3時間以内のみ1回、第 II 群 は、3時間以内と、7、8、10、12、14日目の計6回を 照射した.以上3群は、術後3時間以内にかならず1回 は照射した群である.第IV群は、2、3、4 5 6日 目の計5回照射、第 V群は、7、8、9、10、11日目の 計5回の照射を行った.この第IV、V群は、術後1日目 以内には照射を行っていない群である(図1).

各群とも照射時における体温の 変動 を 観察するため に, アルコール温度計を用い, 肛門より約2 cm 挿入し 直腸温を測定した.

各群とも,癒着作製日より20日目に再開腹し,表1の ごとく判定基準を設け,癒着の程度を score で表わし た.すなわち,癒着のないもの0点,癒着起因操作部に 膠様癒着のあるもので用手的に剝離可能なもの10点,鋭 的剝離が必要なもの20点,癒着起因操作部以上に広く癒 着あり鋭的剝離を用するもの30点とし,さらに癒着面積 を長径の程度で,0~5mm のものに3点,6~10mm のものに5点,11mm以上のものに7点をそれぞれ加算

#### 図1 各群の照射方法 (ラット)



表1 癒着程度の判定基準

癒着の強さ	標点			
	0			
+	10			
++	20			
	30			
癒着の範囲				
0 ~ 5 mm	3			
$6 \sim 10$	5			
11~	7			

した.以上の判定基準で小腸,大腸,腸間膜,大網,生 殖器脂肪ひだ,腹壁,その他の部位別に判定し,各部位 の score の合計をそのラットの評点とした(表1).

照射群および対照群ともに経時的に体重測定を行い, 無処置雄ラット5匹の体重増加傾向と比較を行い,本波 照射の影響を検索した.

また, 剖検時に小腸閉塞の有無を検索した.腸管が→ 塊となり, ロ側腸管が明らかに拡張し, 肛側腸管が虚脱 しているものを腸閉塞有りと判定した.

10頭の 雑種犬には、ラボナール300mg の静脈麻酔下 にて開腹し、回腸末端より10cm ロ側を切断し2 層縫合 による再吻合をした後、副腎および 卵巣 を 片側のみ摘 出し、実験犬を作製する.摘出した副腎,卵巣を病理組 織標本とし、照射後 のものと 比較 する.実験犬5 頭に は、術後3日目、4日目、5日目に、それぞれラボナー ル麻酔下で、四肢を伸展緊縛して仰臥位に固定し、出力 100W、15分間、腹壁アンテナ間距離15cm の条件にて、 腹部照射を行い、他の実験犬5 頭には照射を行わず、対 照とした.照射時の体温変動を観察するために、サーミ スター温度計を肛門より4 cm 挿入し、直腸温を測定し た.手術施行後14日目に屠殺し、腸吻合部、摘出対側の 12(272)

副腎,卵巣および肝,脾,腎を10%ホルマリン液に固定 し,ヘマトキシリンエオジン染色(以下 H-E 染色と略 す)により病理組織標本を作製し,照射群と非照射群を 比較した.

癒着実験については各照射群と対照群の間で **い**検定を 行い p≦0.05で有位差を判定した.

結 果

対照群の剖検所見は表2のとおりであり、癒着の部位 と程度は、各動物間にそれぞれ多少の差があるが、全例 かなり強い癒着が認められた.全例を通覧してみると、 腸着起因操作部の盲腸と小腸、大腸、腸間膜が癒着した ものが多く、大網との癒着もかなり多い.動物個々の評 点で No.4を除けば、すべて、60点以上であり、その 平均は80.6点となった.また、腸閉塞の状態も50%にみ られた.

表2 対照群

201	(* =		Ť	推發	5 2	の悪					
No.	(g)	小職	大副	語动	大制	離訪 ヒタ	문답	その	イレウス	総合判定	
1	210	25	15	25	-	30	-	-	. –	95	
2	190	23	25	27	-	27	-	-	+	102	]
3	190	25	25	10	-	-	-		-	60	
4	190	23	23	-	-	-	-	-	2 <del>4</del>	46	
5	185	-	23	-	30	30	-	-	-	83	平均
6	155	-	23	25	25		-	-	+	73	80.6
7	180	-	10	25	25	25	-	-	+	85	1
8	155	25	-	25	10	27	-	-	-	87	1
9	200	10	23)	30	25	-	-	-	+	88	1
10	190	15	37	-	35	-	-	-	+	87	

#### 表3 第Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ群

	No. (# 11 (g)			盲	勝音	520	の #	8						
			小騷	小騷	小騷	小騷	小騷	大腸	展開	大網	版防 に少	康秋	その 館	イレウス
_	11	190	-	10	27	27	-	-	-	-	64	1		
Ξ.	12	180	- 1		- 1	25		- 1	-	-	25	平均		
ŵ.	13	195	- 1		- 1	17	15	-	-	- 1	32	45		
•7	14	200	-	17	15	27	-		-	-	59,			
	15	190		-	-	10	22			-	32	平均		
筋	16	195	-		10	23			-	-	33			
Π.	17	185	-	10	15		- 1	-	-	- 1	25			
新	18	160		-	-	-	25	30		-	55	40.9		
	19	165	-	17	-	13	27	- 1	-	-	57,	1		
	20	165	10	25	-	-	13	- 1	- 1	-	48	1		
氰	21	188	- 1		25	-	-	- 1		-	25	<b>T</b>		
ш	22	180	13	-	15	27	25	- 1			80	T 4		
群	23	180	-		-	23	27			-	50	10.6C		
	24	160	1-1	23	17	25	-	-	- 1	-	65			

第Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ群について(表3)

第 I 群は,術後3時間以内のみ1回照射したもので, 平均標点は40.4点で,さらに24時間目,48時間目に照射 を加え計3回照射を行った I 群では45点を示し,第 II 群 では53.4点で,これら3群とも対照群に比し有意差をも って減少した.また,いずれの群にも腸閉塞は認められ なかった.

第Ⅳ, Ⅴ群について(表4)

この2群は術直後の照射を行わず、48時間後から7日

表4 第IV, V群

		(1 E		盲	贈書	ほとい	の憲	兼				
N	0	(g)	4-10	大勝	捕師	大網	脂肪 ヒダ	89	その) 他	1692	<b>R</b> 6 ±	刊足
	25	160	27	15	25	25	25	-	-	-	117	
*	26	190	23	27	15	-	27	23		+	115	
N	27	185	27	-	10	23	27	30	- 1	-	117	₩75) 1062
Ħ	28	150	-	30	25	-	27	30	) — I	- 1	112	
	29	180	30	10	30	-	-	-	-	- 1	70	
	30	185	10	-	15	20	27	-	-	-	72	Ê.
<b>第</b>	31	195	-		20	27	-	-	27	+	74	平均
×	32	175	10	-	25	20	l –		-	-	55	77
ał.	33	200	27	25	27	-	27	-	-	- 1	106	





目までの計5回照射を行った第IV群と7日目以後の計5 回照射を行った第V群の表で,その平均評点はそれぞ れ106.2,77.0点を示し,特に第IV群では,対照群に比 し,有意の差をもって増加した.第V群は,対照群に比 し有意差はなかった.しかしこの両群に腸閉塞が1例づ つ認められただけで,明らかに対照群とその癒着の質の 違いを示した.

以上各群の平均標点をグラフにすると図2のごとくと なる.

各群の体重増加を表5,図3に示した.無処置群5匹

表5 各群の体重変動

1	集然重新	対無罪	マ.イクロ 波 扇 射 群									
п \	n=5	n=1C)	I n=4	I n=5	Ш n=5	N n≈5	V n=4					
前	183±3.41	184.5±5.26	191±3.69	179±6.22	176±4.26	175±12.2	190±4.84					
1			179±1.54									
2			185±3.06									
з	180±6.06											
5	193±6.18											
7			188±1.73		178±3.63	164±4.98						
10	202±6.24				1		202±6.24					
14		194±3.47		186.5±6.20	165±3.74							
20		205.3±2.58	229±2.72	187±4.23	180.4±3.74	184±3.28	236±7.26					
27	238±10.3											

\* 备数值は Mean± S.E. 老示す。









の平均体重の95%信頼区間を点状帯に示したが,照射直 後は著明な体重減少を示したが,射照終了時より,各群 とも増加傾向を示し,第Ⅰ群,第V群が,その点状帯に 包含され,対照群,第Ⅱ,Ⅳ,V群が点状帯外にある.

表6,図4は,照射時における経時的直腸温測定結果 を示したものであるが,麻酔下で照射前は36℃と低値を 示すが,照射開始直後より,直腸温の上昇を示し,10分 後には41℃となるが,致死直腸温42.8~46.2℃でしばら く平衡状態を保っている.

MW 照射犬の体温変動

MW 腹部照射による直腸温測定結果は,表7および 図5に示すごとくである.100W,15分間照射におい て,15分後に最高値を示しているが,術後の発熱期にお いて,MWによる上昇度は,平均0.6℃で,致死直腸温 にまではいたらなかった.照射終了後15分後には,ほと

表7 マイクロ波照射犬の直腸温測定結果

N	<b>D</b> .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
体	重	7.8	9.0	10.5	9.0	8.7	7.0	13.2	9.7	7.5	7.0
<b>直接运</b>	握射前	39.6	37.5	39.0	38.5	40.0	38.4	40.0	40.3	39.9	
5	即朝終了直接	-	-		-	-	39.6	40.7	40.6	40.1	-

#### 図5 マイクロ波照射犬の直腸温変動



んど照射前の直腸温に戻っている.

肉眼的変化

非照射群,照射群とも,皮膚,体毛などの外観上の変

図6 副腎(照射群)



出血および細胞変性認めず

14(274)

図7 卵巣(照射群)



黄体形成正常,細胞変性認めず

図8 肝(照射群)

うつ血,変性,壊死なく正常





尿細管の細胞変性なく、尿細管内に cast も見 られない.

図10 腸吻合部(照射群)



細胞変性なく、粘膜再生も良好で線維など細胞 も正常に見られる。

化に、両群の差はなく、小腸、腸間膜、大網、腹壁、手 術操作部においては、膠様癒着、線維素性癒着、線維性 癒着を示し、またその程度もさまざまであるが、照射群 の方が、膠様癒着、線維素性癒着が少なく、ほとんどが 線維性癒着のように観察し得た。また、検索せる各臓器 に出血, 潰瘍, 壊死なども認めなかった.

病理組織学的所見

H-E 染色により,病理組織学的に検索を行った結果 では、副腎,卵巣、肝、腎(図6、7、8、9)とも、 充うっ血像はなく、実質細胞の萎縮、変性、壊死、間質 の浮腫、線維性肥厚、小円形細胞浸潤は認められず、こ れらの所見は、非照射群の各臓器の組織像、および実験 犬作製時に摘出した副腎、卵巣の組織像と対比しても変 るところはなかった.腸吻合部(図10)における状態 は,照射群の方が,やや上皮細胞形成が良く,結合織の 増生は、同程度であった.好酸球はやや多いが、線維芽 細胞は正常であった.

#### 老 案

腹部手術における術後癒着の発生頻度は,35~95%で ある.これは他の外科手術および,産婦人科手術の場合 にもあてはまる.しかし大部分の症例において,癒着に よって引き起こされた臨床症状が、どの程度の頻度で発 現するか,確かめることはかならずしも容易でない.

国内の文献をみると,斉藤<sup>9</sup>は,イレウス例12,614例 のうち3,810例が術後イレウスであると報告している. また,田北<sup>9</sup>らの統計によると,腸管癒着全例2,788例 中手術に基因するものは2,286例(81.7%)を占めてい る.早坂<sup>9</sup>らの統計によれば,虫垂切除後愁訴発現まで の期間について,1ヵ月以内のもの19.8%,半年以内 48.8%,1年間で64.7%で過半数が,術後1年以内に発 病している.Kern & Kuhbier<sup>9</sup>(1964)の報告によれ ば,虫垂切除後このような2次症による死亡率は,虫垂 炎そのものによる死亡率をはるかに上まわるという.

開腹術に際して,一定の予防手段を厳守すれば,この 危検は避けられるはずである.すなわち,腹膜の広範欠 損をできるだけ避こることは,外科手術の原則である.

さて,腸管癒着の発生機序についても最近多方面より 研究がなされ,そのメカニズムが解明されつつある.脇 坂外科<sup>9</sup>では,腸管癒着の発生機序を電子顕微鏡学的に 経時的に観察することにより,癒着の発生母地ともいう べき準備状態は腸管損傷後のきわめて早期の3~6時間 目頃に完成され,この時期に膠着発生の基盤として未分 化な間葉性細胞が現われ,これが腹腔内に遊出して崩壊 しはじめるころに 漿膜細胞からシダの 葉状の 突起が出 て,ここに線維芽細胞が入り込み網目のような,膠原線 維性癒着へと発展していくことを確めている.

Ellis<sup>1011)</sup>は,腹膜欠損部を縫合した場合よりも,しな かった場合に癒着発生が少なかったという実験事実から 癒着とは受傷局所における低酸素状態を改善するため に大網や腸管などに Vascular graft として組織へ血液を 供給するための Compensation であるという考えを発表 している.また Myllärnieni<sup>12)</sup>も同様の考えで家兎の 腹膜に欠損を作り,その部を縫合すると血行障害が起こ り,貧血のために組織が壊死に陥り,6時間以内に血管 新生が始まり6日目まで続き,また,腹膜欠損部で癒着 を見ない部分では直後より fibrin network で充され,  $2 \sim 4$ 日目以内に mesothelium の新生層 でおおわれる ことを実証している.

Schade & Williamson<sup>13</sup> は機械的損傷のはじめの反応は炎症反応であり、光顕、電顕的に検索し、癒着の 全期には fibrin,多核白血球、貧食細胞が集中してみられ、fibrin は5日以内で消退するとしている。

Kelsall は、mast cell が破れ、histamine が遊離し、 毛細血管の透過性を増加さし、蛋白の多い浸出液を出さ せ、線維芽細胞を刺激するため結合繊形成が起こってく るとし、Whitting<sup>10</sup> は mast cell と癒着 の 関係で、ラ ットと兎の種のちがいがあることが見い出され, ラット の腹膜には mast cell の 数 が 多いため 兎よりも癒着を 生じやすいことを報告した.また, Archer ら<sup>15</sup>1は好酸球

生じやすいことを報告した.また,Archer ら<sup>15</sup>は好酸球 は抗ヒスタミン作用があり、炎症で遊離するヒスタミン 活性を低下させることが発見された. さらに Milligan ら16)は形態学的に研究し、癒着の主要な変化は線維化 として見られ,その大部分に多数の好酸球が見られ, また好酸球の多い所 には 線維化が少なく、 collagen 形 成のよく見られるところには, 好酸球が見られなかった としている.そして,普通の腹膜治癒の過程で2日目ま では好酸球がほとんど見られず,3日目には線維素が. 線維におきかわり、貧食細胞がみられまた多数の好酸球 が存在し,7月目頃まで続いていることを示した.ま た, 最近, Gervin<sup>17)</sup> や Nair<sup>18)</sup> や Buckman ら<sup>19)20)</sup>は、 血液凝固生理学的観点より,癒着を考え,永久的な癒 着の病因を, 腹膜の fibrinolysis の機能低下にありとし proteolytie emzyme が癒着予防の効果があると実験的に 証明している.

ここで, Ellis<sup>21)</sup> がまとめた, 癒着予防対策の4つの カテゴリーを示すと,

(1) 障害された腹膜, 漿腹との接触を防止

(2) 消炎剤や代謝拮抗剤の使用による線維芽細胞の 増殖を防止

(3) proteolytic emzyme によるフィブリンの 溶解

(4) 抗凝固剤によるフィブリン沈着の防止である.

さて, MW が, 術後癒着防止 に 使用されたことはな く,その生物学的作用も(1) 熱的効果,(2) 非熱的 効果 が 考えられているが,MW の生物学的作用として もっとも期待されるのは、熱的効果である。生物学的作 用に対するメカニズムとその臨床効果においてもなお不 十分ではあるが、とくに腹部照射を適当な条件で行った 場合、腸管運動機能の亢進作用があることを、著者は認 め,報告している"が,癒着防止法として上述したごと く、その目的は、漿膜がフィブリンで接触固定すること を防ぐことが重要な目的である.この実験で得た結果 で,術後3時間以内の照射,および1日目,2日目と照 射した群 が,対照群 に 比し半減して いるにもかかわら ず、術後7日目以後に照射した群では、ほとんど対照群 とかわらず、また、3日目より7日目までの期間に照射 した群では逆に癒着の増加傾向を示したことを考え合せ ると,発生機序にて述べたように,術後早期のフィブリ ンネットが形成され、また新生血管のでき始める以前に 腸管運動により漿膜の接着を防ぎ,さらには,損傷組織 ○血流改善から組織の低酸素状態を改善さしたことなど により,癒着を減少さしめ得たものと解されうる.

また,この2日目までの早期に損傷漿膜との接合固定 が,はずれなかった時,その collagen 増生期の3~7 日目に照射した場合,すなわち,永久的な癒着となる結 合織化が起っている時には癒着を防止させ得ず逆に結合 織化の促進作用として作用しているといえる.

MW の癒着予防効果についてのメカニズムを考える 時,熱作用として,mast cell の 破壊,histamine の 遊 離と,熱的ストレスによる好酸球の増加作用も考え合せ ねばならず,今後の検索が必要である.

安全性および障害作用について、

組織に吸収された MW のエネルギーは,機械的エネ ルギーに転換され組織自身で熱を発生する.組織での吸 収は,次式で示されるか,

 $I = I_0 e^{-\mu x}$ 

I:深さXでの電界強度

I<sub>0</sub>:入射する電界強度

μ:吸収係数

- $H = \mu I$
- H:吸収エネルギー

 $\mu^2 = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 2\varepsilon \left[\sqrt{1 + \left(\frac{60\lambda}{\varepsilon_0}\right)^2}\right]$ 

各組織の誘電定数: \$と比抵抗 ρ によって定まり, そ れによって透過深度も決まってくる.しかし,生体のあ る深さでの温度は何度になるかは多くの要因できまるの で一概にはいえない.皮膚での熱発生は,内部臓器に比 べ大きいが,血管も豊富であり,空気にさらされ,発汗 もあるので温度上昇はそれほどいちじるしくない.身体 内部の熱発生は,外部への拡散がないので熱がこもりや すく,時間がたてば血流によって局所より熱が運ばれ, 全身の温度(体温)上昇という結果を導く.

1973年 McLeen ら<sup>23)</sup>は、文献49編を集め、総説を書 いており、身体的影響、許容値をある程度知ることがで きる.そこでこの総説と若干の原著をもとに、身体的影 響をまとめてみると、全身照射を行った場合、ヒト、各 種動物によって相異があるが、Haeft は、体温 2 ℃上昇 を得るための照射時間と電界強度 に ついて は実験を行 い、図11のような関係 が 示 さ れている.すなわち、全 身照射の場合、100mW/cm<sup>2</sup> でヒトでは 1 時間を要し、 犬では16分、ラットでは10秒で 2 ℃上昇を得る.また、 伴ら<sup>23)24)</sup>は1967年、マウスを固定し、背面より全身照射 を行い、直腸温と、致死せしめた電界強度およびその時 図11 マイクロ波全身照射の場合の照射時間対電力 密度の関係と安全基準(Hoeft, 1965)



の病理組織学的な検索結果にて次のように述べている. 致死直腸温は,電界強度のいかんにかかわらず,42.8 ℃~46.2℃の範囲であり,42.0±0.5℃の非致死直腸温 で連日 MW 照射を行ったマウスの経時的な組織像で は,変性などの障害はなく,また後障害も残さないこと を示し, MW の熱効果は一過性であり,長期にわたっ て繰返し照射しても,照射に耐え得た場合には障害作用 はないといっている.

また Michaelson  $6^{25}$ は100mW/cm<sup>2</sup> 以上のレベルで, 犬に照射した場合の熱反応を3相に分け, (1) initial heating, (2) thermal equilibrium (3) thermal breakdown とし第1相では20~30分で,直腸温1.68℃上昇 し,第2相では, 3.36℃~3.9℃上昇のままで40~50分 間平衡状態を保ち,第3相目には,急激な上昇を示し死 亡する. そして41.6℃を critical temperatur としてい る.

著者の直腸温測定結果は、この第1相と一致し、ラットおよび犬ともに critical temperature にまでは達していない. とくに術後の発熱期においても耐え得ていることからも、著者の行った照射条件は一応安全照射条件といえる.

身体部分照射について、とくに腹部照射については、 1958年 Imig & Searle<sup>26)</sup>, 1960年 Deichman<sup>27)</sup> らは、 2,500MHz で兎、犬を用い、それぞれ腹部照射を行 い、胃、肝、回腸、胆嚢、膀胱、直腸の温度上昇を測定 し、犬では、皮膚温42.5℃、45℃上昇時においても、各 臓器の温度上昇は、皮膚温よりも低値を示している。ま た、各臓器間の温度差もわずかにみられる。したがって 直腸温は、腹腔内臓器の正確な温度を反映するものでは ないが、small dog 以上の体重を有する動物では、皮膚 1977年5月

が障害を受けない程度の場合では,腹腔内臓器は41.5℃ を越えることがないと考えられる.

著者の行った実験でも,皮膚を障害されず直腸温でも 42℃をこえることなく,病理組織学的検索でも,肝, 腎,腸吻合部にも障害を与えていないことから,照射条 件としては,100W,15分間,腹壁アンテナ間距離15cm は,術後においても安全であることを裏付けるものであ る.

照射による動物の体重減少率は,Michaelson らによって,犬で *d*W=0.011Iの関係式が得られているが, ラットの場合には,あてはまらないようである.著者の 体重測定結果では,10分間40W,5回の照射で,約9~ 13gの減少を示したが,照射を終了した時点より各群と も,正常体重増加の傾向にあり,体重減少は,小動物の 場合,照射に伴う一過性の現象であろう.少なくとも, 小動物にとっては,温度上昇から考えても,thermal stress になっていることは疑えない.

### 結 語

2,450MHz のマイクロ波の腹部照射による腸管運動 亢進および血行動態の改善が,開腹術後腸管癒着に対し いかなる影響を及ぼすかを wister 系ラットを使用し検 索した.

1回照射条件を40W,10分間,腹壁アンテナ間距離10 cm で,膠着性癒着の発生母地が形成される時期に照射 すると対照群に比し癒着程度が半減した.

3日目より7日目までのコラーゲン増生期に照射する とかえって癒着の程度を増強するために,腸管癒着防止 の目的には術後数時間以内の照射が必要である.

また雑種成犬を用い,開腹術後早期に,腹部照射を施 行した場合の安全性についても,合せ検討した.

本論文の要旨は,第 111回近畿外科学会および第7回 日本消化器外科学会総会において発表した.

#### 文 献

- 脇坂順一,溝手博義:腸管癒着の防止. 綜合臨 床, 22:1699-1700, 1973.
- 玉川鉄雄,石原 茂:マイクロ波療法の実際. 医学化学と電気,14:5~8,1967.
- 3)田伏克惇:マイクロ波の腹部外科への応用.第 一報:マイクロ波の術後腸管麻痺に対する効果.日消外会誌,10:172-177,1977.
- (4) 兼行 務: 術後腸管癒着防止に関する研究. 久留米医会誌, 34:1318—1345, 1971.
- 5) 斉藤 **溴**: イレウス 12,614 例の 統計的観察。 外科, 16: 295—305, 1954.
- 6) 田北周平: 腸癒着の病態と診断. 臨外, 19:

1461-1469, 1963.

- 7) 早坂 滉: 術後腸管癒着の諸問題. 外科治療,
  2: 538-545, 1960.
- Kern, E. und Kuhbier, C.: Entstehung, Klinik, Therapie und Prophylaxe der peritonealen Adhäsionen. Ergebn. Chir. Orthop., 46: 48-80, 1964.
- 9) 安本寿来:腸管漿膜損傷の修復過程に関する電子顕微鏡学的研究.久留米医会誌,27:249-264,1964.
- Ellis, H.: The actiology of post-operative abdominal adhesions. An experimental study. Brit. J. Surg., 50: 10-16, 1962.
- Ellis, H.: The healing of peritoneum under normal and pathological condition. Brit. J. Surg., 52: 471-476, 1965.
- 12) Myllärniemi, H.: Healing and adhesion formation of peritoneal wounds. An angio-, histoangiographic, and ultrastructural study. Acta Chir. Scand., 139: 258-263, 1973.
- 13) Schade, D.S. and Williamson, J.R.: The pathogenesis of peritoneal adhesions. Ann. Surg., 167: 500-510, 1968.
- 14) Whitting, H.W.: Effects of experimental trauma on mesenteric mast cells and its possible role in adhesion formation. Brit. J. Surg., 52: 976-979, 1965.
- Archer, R.K., Feldberg, W. and Kovacs, B.A.: Br. J. pharmacol. 18: 101–108, 1963.
- 16) Milligan, D.W. and Raftery, A.T.: Observations on the pathogenesis of peritoneal adhesions: a light and electron microscopical study. Brit. J. Surg., 61: 274–280, 1974.
- 17) Gervin, A.S., Silver, D. and Puckett, C.L.: Serosal hypofibrinolysis, a case of postoperative adhesions. Amer. J. Surg., **125**: 80–89, 1973.
- 18) Nair, S.K., Bhat, I.K. and Aurora, A.L.: Role of proteolytic enzyme in the prevention of postoperative intraperitoneal adhesions. Arch. Surg., 108: 849-853, 1974.
- 19) Buckman, R.F., Bordos, D., Bell, W.R. and Cameron, J.L.: Prevention of experimental postoperative adhesions by ancrod defibrinogenation. J. Surg. Res., 18: 377-388, 1975.
- 20) Buckman, R.F., Sargent, M.M.L. and Gervin, A.S.: A unifying pathogenetic mechanism in the etiology of intraperitoneal adhesions. J. Surg. Res., 20: 1-5, 1976.
- Ellis, H.: The cause and preventional adhesions. Surg. Gynec. Obstet., 133: 497-000, 1971.
- 22) McLeen, B.D. and Finch, E.D.: Analysis of reported physiologic effects of microwave radiation. Advanc. Biol. Med. Phys., 14:

18(278)

163-223, 1973.

- 23) 伴 和友:マイクロ波の生物学的作用の研究 (第3報).日放医会誌, 27:30-38, 1967.
- 24) 伴 和友:マイクロ波の生物学的作用の研究 (第4報).日放医会誌, 275:52-61, 1967.
- Michaelson, S.M., Thomson, R.A. and Howland, J.W.: Physiologic aspect of microwave irradiation of mammals. Amer. J. Physiol., 201: 351-356, 1961.
- 26) Imig, C.J. and Searle, G.W.: In "Proceedings of the second tri-service conference on biological

effects of microwave energy", (E.G. Pattishall and F.W. Banghart, eds.), pp. 242—253. Division of educational research, Univ. of Virginia, Charlottesville. 1958. 文献 22) よ り引用.

27) Deichmann, W.B.: "Annual report of microwave radiation research conducted at the Univ. of Miami, Coral Gables, Fla.", RADC-TR-61-42, p. 66. Rome Air Develop. Center Griffiss Air Force Base New York. 文献 22) より引用.